



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Experiencia profesional como  
ingeniero de producto en Grupo  
Chamberlain**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de  
**Ingeniero Mecánico**

**P R E S E N T A**

Aldo Rodolfo Avila Iturburu

**ASESOR DE INFORME**

Dr. Adrián Espinosa Bautista



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2022

# *Agradecimientos*

*A mis padres y hermana, por estar durante mi vida académica celebrando mis logros y apoyándome en los momentos más difíciles. Gracias por siempre estar ahí.*

*A Grupo Chamberlain, por brindarme la oportunidad de mi primera experiencia laboral como ingeniero mecánico y por creer en nuevos talentos.*

*A todos mis profesores y tutores que siempre creyeron en mí y se esforzaron por darme una buena formación académica.*

*A mis amigos, por acompañarme en mi trayectoria académica y entorno laboral regalándome su apoyo y compartiendo diversión.*

*A Sarahí, por estar en cada etapa de mi vida y darme su apoyo y amistad incondicional.*

# Índice

1. Introducción.....	3
1.2 Objetivo.....	3
1.3 Perfil de la empresa.....	3
1.4 Perfil del puesto.....	5
1.5 Antecedentes del área de trabajo.....	6
2. Definición de contexto o participación profesional.....	7
2.1 Problema en ensamble final de producto.....	7
2.1.2 Generación de medida de contención.....	10
2.1.3 Análisis de acumulación de tolerancias.....	11
2.2 Proyecto de productividad sobre transferencia de moldes para fabricación en casa.....	24
2.2.1 Revisión de dibujos.....	25
2.2.2 Corto de material.....	26
2.2.3 Proceso de validación.....	28
2.3 Proyecto de productividad de outsourcing de componentes.....	30
2.3.1 Actualización de dibujos por corrida controlada.....	35
3. Metodología.....	37
4. Resultados.....	43
4.1 Problemas en ensamble final del producto.....	43
4.2 Proyecto de transferencia de moldes.....	45
4.3 Proyecto de productividad de outsourcing de componentes.....	46
5. Conclusiones.....	47
6. Referencias.....	49

# *1. Introducción.*

La Ingeniería Mecánica forma el planteo y realización de proyectos de innovación tecnológica que ayudan a solucionar problemas, mediante la aplicación de conocimientos científicos y tecnológicos. A lo largo de este trabajo, se presentan aspectos como el diseño, construcción, selección, instalación, operación y mantenimiento de equipos que incrementan la productividad [1].

El presente trabajo hace referencia a las actividades realizadas en la empresa Grupo Chamberlain como parte de mi experiencia profesional, donde, por seis meses realicé trabajos y proyectos referentes a la ingeniería mecánica, enfocados en el soporte de la línea de manufactura y diseño mecánico. Dicho trabajo, contempla actividades en distintas áreas, como lo son:

- Proyectos de productividad desde el área mecánica del producto.
- Soporte a la línea de manufactura.
- Evaluación de componentes y materiales alternativos.
- Apoyo para resolver problemas de usuarios externos.

## *1.2 Objetivo.*

Como equipo de sustaining, el objetivo es solucionar problemas durante la producción, así como en productos finales, además de identificar y desarrollar ideas de ahorro para la empresa, desde el punto de vista mecánico. Este trabajo tiene como objetivo compartir las actividades realizadas como ingeniero de sustaining durante mi estadía en Grupo Chamberlain como parte de mi experiencia profesional.

## *1.3 Perfil de la empresa.*

Grupo Chamberlain tiene una gran historia, la cual se remonta desde antes de la Gran Depresión y la Primera Guerra Mundial. Esto ocasionó que la empresa tuviera una gran evolución y giros distintos, desde proveer equipo utilizado en la industria de los lácteos, hasta encaminarse a lo que es hoy, que es el líder mundial en brindar soluciones de accesos controlados inteligentes a través de abridores de puertas residenciales, comerciales e incluso perimetrales, con más del 65% del mercado abarcado por ellos [2]. Para lograr esto, Grupo Chamberlain se ha ayudado de empresas a través del

tiempo, tal es el caso de la adquisición de Wagner Mfg. Co, fabricantes de puertas de garaje, o Perma Power, que produjo accesos controlados para garaje, que finalmente llegaría a México bajo el nombre Perma Mex S.A. de C.V. en Nogales, Sonora, en 1974, lo que potenciaría el desarrollo y producción de sistemas de accesos controlados.

Es hasta 1983, que la familia Duchossois se vuelve el único dueño de Grupo Chamberlain y adquiere su nombre final “Chamberlain Group, Inc. (CGI)” [3]. A partir de este momento, Grupo Chamberlain se encargaría de ser pionero en el desarrollo de accesos controlados, introduciendo a la industria sistemas de accesos inalámbricos sin llave en 1989, integrándose al mercado de control de puertas comerciales y extendiéndose hasta 1994, donde entra al mercado europeo con la adquisición de Wecla Gasselschaft en Alemania y Francia, que eran antiguos fabricantes de puertas y accesos controlados de garaje, logrando extender su mercado fuera de América y abriendo sus horizontes a más áreas del mercado de accesos controlados [3].

Actualmente, Grupo Chamberlain brinda soluciones de accesos a través de las siguientes marcas:

- Chamberlain.
- Liftmaster.
- Merlin.
- Grifco.

Además de tener estas marcas, Grupo Chamberlain trabaja con tecnología myQ para poder conectar con los accesos de manera remota, dándole un giro al servicio de los accesos controlados inteligentes, para lograr moverse de manera segura a través de garajes, hogares, comunidades, negocios e instalaciones de mantenimiento. Tal es el ejemplo de la asociación con Amazon en 2019, para el desarrollo de un sistema para lograr entregas de manera segura y sin contacto, o la consideración del aspecto automotriz, donde Grupo Chamberlain se ha encargado de asociarse con fabricantes y proveedores de primer nivel, para desarrollar soluciones de acceso que potencian experiencias de conducción más significativas, conectando el vehículo a portones, puertas de garaje y hogares [4].

Actualmente, Grupo Chamberlain ha sido adquirido por Blackstone y se ha situado como una empresa internacional con su sede corporativa en los Estados Unidos de América, específicamente, Oakbrook, Illinois. Junto con importantes operaciones de producción en México, logrando tener presencia en América, Europa, Asia y Oceanía.

Todo esto lo ha logrado siguiendo sus valores de integridad, clientes, empleados, crecimiento y rentabilidad a largo plazo, calidad y excelencia, liderazgo, socios y buena ciudadanía corporativa. Utilizando herramientas para gestión de calidad bajo las 6's: seleccionar/organizar, ordenar, limpiar, estandarizar, sostener y seguridad. Además de

seguir la filosofía OPEX (Excelencia Operacional), lo que significa que se opera bajo una filosofía de resolución de problemas, trabajo en equipo y resultados de liderazgo que lleven a la empresa a una mejora continua, de tal forma que se tenga una calidad six sigma, buena organización en el lugar de trabajo, involucramiento total del empleado, sistemas de mejoras de procesos, trabajo efectivo y disponibilidad de recursos.

#### *1.4 Perfil del puesto.*

El puesto de trabajo en el que desempeñé actividades fue en el departamento de sustaining mecánico. En sustaining, las responsabilidades principales son brindar soporte a la línea de producción sobre cualquier problema que se presente durante la manufactura, con el producto y el diseño final, al igual que idear soluciones para generar ahorros para la empresa mediante cambios de materiales, de ensambles y de diseño, así como apoyar en cualquier otro proyecto de productividad. Por otro lado, en este puesto, también es nuestra responsabilidad evaluar y validar materiales y componentes alternos, además de solucionar problemas reportados en campo por los clientes. Como tal, el puesto se centra en el mantenimiento y la mejora continua de los productos durante todo su ciclo de vida, permitiendo mejoras de diseño continuas basadas en el equipo interno y la retroalimentación de usuarios externos [5], así como en los desarrollos e innovaciones aplicables de la industria de abridores de puerta y accesos controlados, todo desde el área mecánica de los productos y utilizando herramientas como software de diseño CAD, paquetería de análisis por elementos finitos, SAP, software para el manejo del ciclo de vida del producto, entre otros.

Grupo Chamberlain busca a estudiantes en últimos semestres de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Mecatrónica y Mecánica o recién egresados para integrarse a la empresa como internos, y que deseen trasladarse por 6 meses a Nogales, Sonora, donde se encuentra su planta maquiladora, donde para sustaining mecánico, el equipo está conformado por ingenieros mecánicos en su mayoría. Es este papel de interno, el que desempeñé los primeros meses, antes de pertenecer a Grupo Chamberlain como Ingeniero I.

Cabe mencionar que, uno de los requisitos es el idioma inglés, ya que, al ser una empresa de carácter internacional, el inglés es el idioma utilizado para exponer, debatir y dialogar con personas de otros países, como lo son miembros del equipo que se encuentran en Estados Unidos de América, China e Italia, por mencionar algunos.

### *1.5 Antecedentes del área de trabajo.*

Como ingeniero mecánico de sustaining, las actividades principales se pueden resumir en 4 importantes:

- Brindar soporte a la línea de producción.
- Apoyar y desarrollar proyectos de ahorro mediante la evaluación y el trasfondo del diseño mecánico.
- Evaluar y validar materiales y componentes ante potenciales cortos de material.
- Solucionar problemas reportados en campo por usuarios externos, que involucren a un producto de Grupo Chamberlain.

Dichas actividades logran ligar el diseño mecánico con el soporte a la línea de producción, donde, para ser realizadas, se utilizan herramientas de modelado asistido por computadora para trabajar con superficies, modelado tridimensional, ensambles, creación y diseño de planos de piezas, entre otros aspectos. Además de softwares de simulación como es CREO simulation y Ansys. Por otro lado, también es necesario utilizar softwares empresariales para el ciclo de vida del producto, procesos y ordenamiento de información.

Los cuatro puntos mencionados anteriormente resumen las actividades y proyectos que he desempeñado durante mi estadía en Grupo Chamberlain como ingeniero de sustaining I y que se explicarán a lo largo de este trabajo.

## *2. Definición de contexto o participación profesional.*

Dentro de las distintas actividades que desempeñé como ingeniero de sustaining mecánico, hay 2 categorías que resaltan, las cuales van enfocados al soporte a la línea de producción y a proyectos de ahorro, mejor llamados, proyectos de productividad. Los anteriores se dividen en 3:

- Problema en ensamble final de producto.
- Proyecto de productividad sobre transferencia de moldes a la planta en Nogales.
- Validación de componentes fabricados en la India (outsourcing de componentes).

A lo largo de este trabajo, hablaré sobre el desarrollo de los 3 puntos anteriores, enfocados a las actividades que realicé.

### *2.1 Problema en ensamble final de producto.*

Continuamente, en el departamento de sustaining, nos enfrentamos a problemas ligados a la línea de producción, donde debemos de evaluar alternativas de solución en dado caso que un material y/o componente presente problemas para siempre mantener la producción corriendo, ya que, en dado caso de parar, esto implica pérdidas económicas para la compañía.

En este caso, se presentó un problema que realmente me llevaría a introducirme a problemas reales de la industria, especialmente al momento de la producción. Uno de los productos pertenecientes al área perimetral (PAS), presentaba un movimiento fuera de lo común en el ensamble final, se trataba de un juego en el brazo que se ancla a la puerta y que permite que la puerta se abra o se cierre, éste juego provocaba que el brazo se moviera de arriba hacia abajo, es decir, tenía una rotación con respecto al eje Y, si es que situamos el sistema de coordenadas cartesiano de la siguiente manera:





Figura 1. Producto con problema en ensamble final.

Dicho movimiento, representaba un desplazamiento en el final del tubo de 0.5 [in], como se puede observar en la siguiente figura.

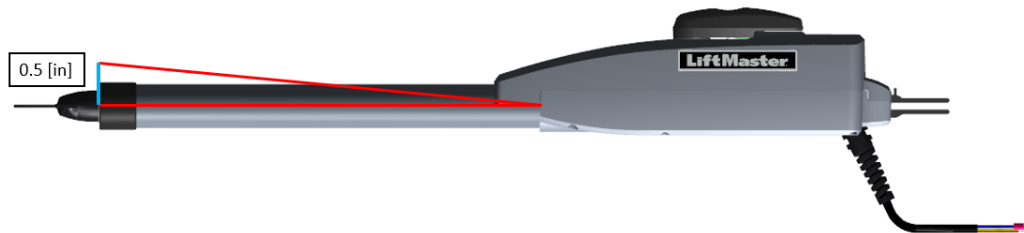


Figura 2. Desplazamiento de brazo causado por juego en el ensamble final.

Debido a que la razón de presencia de este movimiento en el ensamble final del producto se tornó del 100%, fue necesario detener la línea de producción, ya que no se conocían los efectos que esta condición pudiera tener en la funcionalidad del producto, así como para evitar una posible queja del cliente, que es lo que siempre se busca evitar.

Al parar la línea de producción, esto provocó que la empresa tuviera pérdidas monetarias, por lo que había urgencia en encontrar la causa raíz del problema para solucionarlo y brindar una medida de contención para poder retomar la producción lo más pronto posible.

Ya que se desconocían las consecuencias que este movimiento presentado generaba, fue necesario considerar los posibles modos de falla, de los cuales, se consideraron los siguientes:

- Problemas de vibración y sonido debido al movimiento del brazo.
- Filtración de agua por una brecha (gap) en el ensamble final.
- Problemas de funcionalidad general del producto.
- Problemas en tener límites constantes de extensión y retracción del brazo del producto.

Las partes principales involucradas en el movimiento del brazo son las siguientes:



Figura 3. Cover del producto.

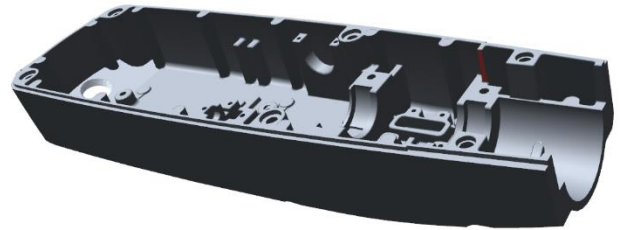


Figura 4. Base del producto.

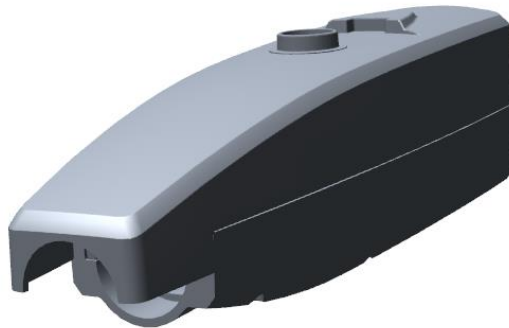


Figura 5. Cover y base del producto ensamblados.

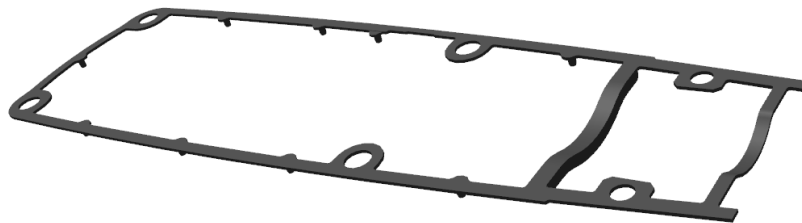


Figura 6. Empaque o gasket del producto.



Figura 7. Tubo o brazo del producto.

De tal modo, fue necesario revisar cada una de estas piezas para asegurarme que se encontraran dentro de las especificaciones de nuestros planos y evaluar si eran factores contribuyentes o la causa raíz del movimiento presentado.

Por otro lado, mientras encontraba la causa raíz de este problema, necesitaba encontrar una medida de contención para reanudar la producción, que igual fuera validada para asegurarnos que fuera funcional y no comprometiera la funcionalidad del producto en el campo. Por lo que fue necesario establecer las especificaciones para aceptar la medida de contención, las cuales debían cumplir con los requerimientos del producto. Entre ellos estaban:

- Estar dentro del rango de decibeles de sonido y vibración cuando el producto se encuentre en funcionamiento.
- Estar dentro de los límites de desplazamiento de extensión y retracción del brazo del producto.
- Evitar filtración de agua dentro de la parte sellada del producto. Cumplir con la regulación UL50E tipo 3R, así como NEMA 3R para los housings principales (cover y base en este caso).
- Estar dentro de los límites de consumo energético.

Cabe mencionar que, un factor importante, es que hubo un cambio en el diseño de este producto, el cual fue implementado en junio del 2020.

### *2.1.2 Generación de medida de contención.*

Para comprender cual era la mejor medida de contención para continuar con la producción, fue necesario primero una investigación previa para entender el problema, acercarme a la causa raíz y brindar la mejor solución.

### *2.1.3 Análisis de acumulación de tolerancias.*

Como se mencionó anteriormente, hubo un cambio en el diseño de las piezas mostradas en las figuras 3 y 4. Estas piezas, en conjunto con las mostradas en las figuras 5, 6, y 7, las sometí a un análisis de diseño para verificar que todo estuviera dentro de las especificaciones de nuestro dibujo, este análisis fue una revisión dimensional, mejor conocida como cálculos de acumulación de tolerancias o análisis del peor de los casos (tolerance stack up en inglés), cuyo resultado representa el efecto acumulativo de las tolerancias de las piezas involucradas con respecto a un requisito de ensamble.

El resultado de este análisis nos permite determinar si algún cambio debe hacerse a una parte y/o geometría del ensamble, dimensiones y/o tolerancias, estrategias dimensionales utilizadas en la parte, dibujos del ensamble, el proceso de ensamble o proceso de manufactura [6]. Es decir, nos deja encontrar la tolerancia del ensamble o piezas, para luego compararla con la brecha disponible del ensamble o los límites de rendimiento para ver si el diseño funcionará correctamente [7].

Los objetivos de este análisis fueron los siguientes:

1. Encontrar la brecha (gap) o interferencia dada por el diseño actual.
2. Encontrar la brecha o interferencia dada por el diseño antiguo.
3. Encontrar el aumento de la brecha o juego debido a las dimensiones de las partes fuera de especificación.
4. Definir el desplazamiento del tubo permisible.

Con la ayuda del departamento de metrología, el Centro de Excelencia en Metrología, (COME, por sus siglas en inglés), detecté ciertos componentes fuera de las especificaciones marcadas por nuestro dibujo, por lo que fue necesario realizar los cálculos de acumulación de tolerancias en el ensamble para conocer si por diseño se tenía una brecha (gap) permisible, ya que se tienen que considerar 3 diferentes casos: el peor, el nominal y el mejor.

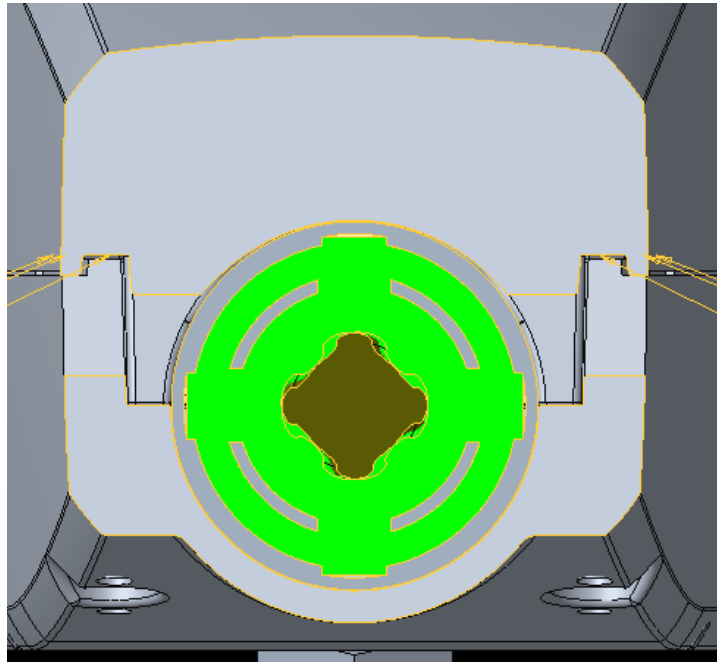


Figura 8. Corte de sección transversal del producto, plano YZ.

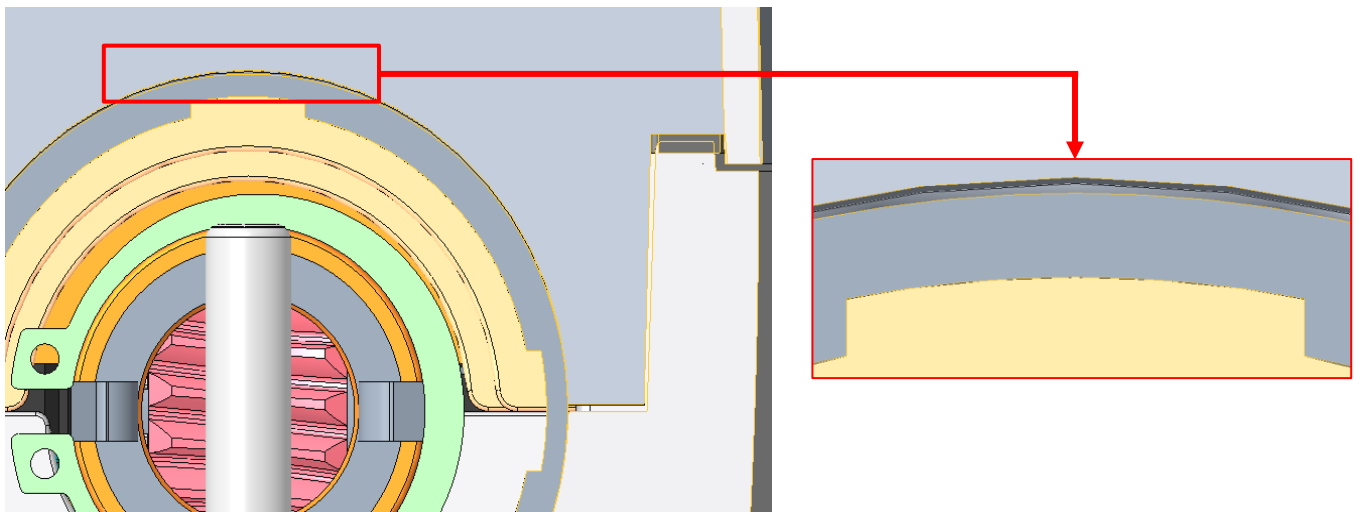


Figura 9. Brecha (gap) en ensamble final.

Para la realización de este análisis, se utilizaron las dimensiones y tolerancias del cover, base, tubo y gasket, ya que son los componentes involucrados ante el desplazamiento del tubo. Para esto, fue necesario trazar una trayectoria con el objetivo de comenzar y terminar nuestro análisis en el mismo punto, en este caso, en el cover, justo en el plano de contacto con el gasket y la base.

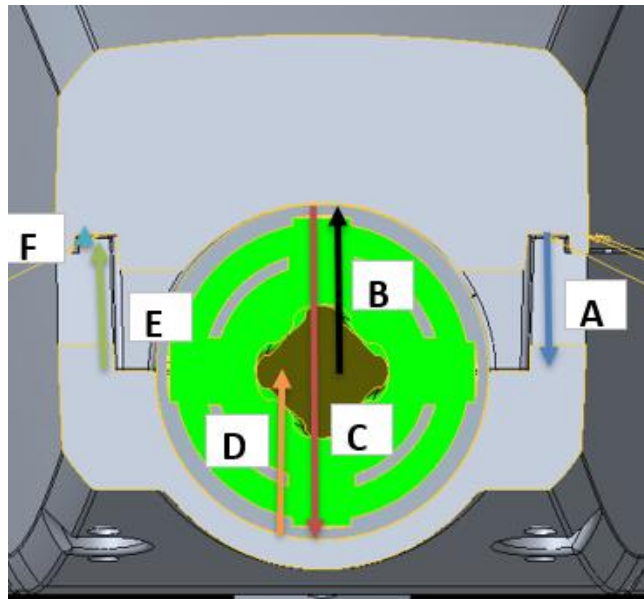


Figura 10. Trayectoria que seguir durante el análisis de tolerancias.

Con esto, observamos que comenzamos en el punto A (plano del cover) y terminamos en el punto F (mismo plano del cover), por lo que compartimos el punto de comienzo y fin. Una vez definida nuestra trayectoria, podemos involucrar dimensiones y tolerancias de cada una de las piezas. Por razones de confidencialidad, no es posible mostrar los planos completos de las piezas involucradas, sin embargo, a continuación, se presentan solo las vistas más relevantes con las dimensiones involucradas de los componentes principales que se utilizaron para el análisis:

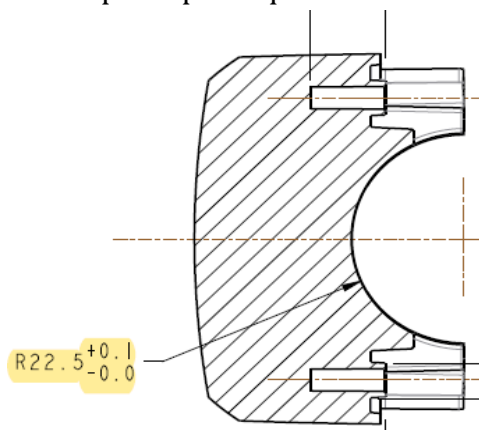


Figura 11. Radio de cover de diseño nuevo.  
(Figura 3 de referencia).

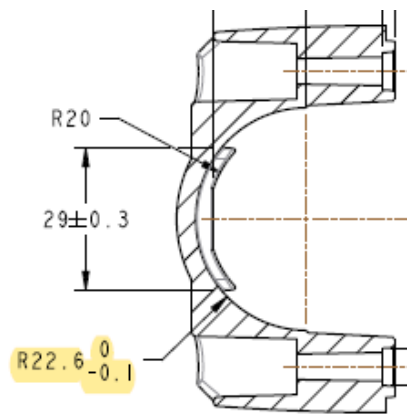


Figura 12. Radio de base de diseño actual.  
(Figura 4 de referencia).

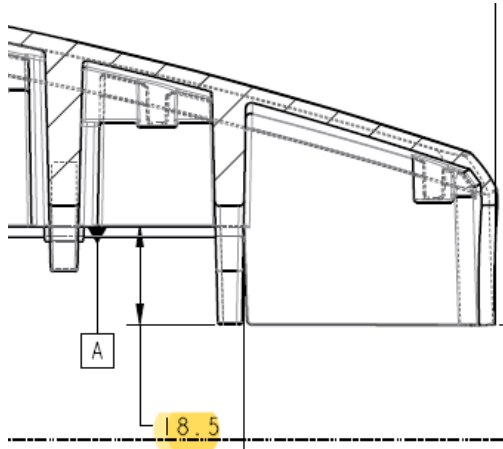


Figura 13. Distancia entre datum A y centro de radio de cover. (Figura 3 de referencia).

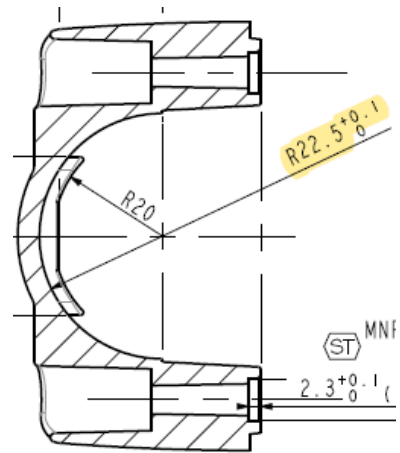


Figura 14. Radio de base de diseño antiguo.

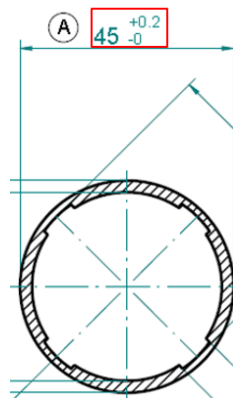


Figura 15. Diámetro de brazo del producto.

Cabe mencionar que para la figura 13, la tolerancia se consideró la genérica establecida en el plano, es decir,  $\pm 0.200$  [mm]. Todas las dimensiones están en milímetros. Con esto, tenemos la información necesaria para realizar nuestro análisis de acumulación de tolerancias. Todas aquellas dimensiones que no aparecen se tomaron como referencia desde el ensamble e información del material, en el caso del gasket.

- Resultados de cálculos de acumulación de tolerancias.

o Diseño antiguo.

DATOS				
Sección	Descripción	Nominal [mm]	Tol (+)	Tol (-)
<b>A</b>	Plano de cover al centro.	-18.500	0.200	0.200
<b>B</b>	Centro a radio de cover.	22.500	0.100	0.000
<b>C</b>	Diámetro del tubo.	-45.000	0.200	0.000
<b>D</b>	Radio de la base al centro.	22.500	0.100	0.000
<b>E</b>	Centro de la base a gasket.	18.011	0.200	0.2000
<b>F</b>	Gasket al plano del cover.	0.875	0.050	0.050
Media		<b>0.3860</b>		

Tabla 1A. Dimensiones de entrada para análisis de acumulación de tolerancias. Diseño antiguo.

	RSS [mm]	RSS [in]	Desplazamiento al final del tubo [mm]	Desplazamiento al final del tubo [in]
<b>Gap en condición máxima de material</b>	0.0738	0.003	0.841	0.033
<b>Nominal</b>	0.3860	0.015	4.402	0.173
<b>Gap en condición mínima de material</b>	0.6982	0.027	7.963	0.314

Tabla 1B. Gap y desplazamiento de diseño antiguo.



- Diseño actual.

DATOS				
Sección	Descripción	Nominal [mm]	Tol (+)	Tol (-)
<b>A</b>	Plano de cover al centro.	-18.500	0.200	0.200
<b>B</b>	Centro a radio de cover.	22.500	0.100	0.000
<b>C</b>	Diámetro del tubo.	-45.000	0.200	0.000
<b>D</b>	Radio de la base al centro.	22.600	0.000	0.100
<b>E</b>	Centro de la base a gasket.	18.011	0.200	0.2000
<b>F</b>	Gasket al plano del cover.	0.875	0.050	0.050
Media		<b>0.3860</b>		

Tabla 2A. Dimensiones de entrada para análisis de acumulación de tolerancias. Diseño actual.

	RSS [mm]	RSS [in]	Desplazamiento al final del tubo [mm]	Desplazamiento al final del tubo [in]
<b>Gap en condición máxima de material</b>	0.0738	0.003	0.841	0.033
<b>Nominal</b>	0.3860	0.015	4.402	0.173
<b>Gap en condición mínima de material</b>	0.6982	0.027	7.963	0.314

Tabla 2B. Gap y desplazamiento de diseño actual.

En este caso podemos observar que hubo un cambio de dimensión en el nuevo diseño, referente al radio de la base (ver tabla 2A), sin embargo, debido al rango de tolerancias establecido, al igual que el valor nominal, el resultado nominal es el mismo para el diseño actual y el antiguo.

- Producto con componentes fuera de especificación.

DATOS				
Sección	Descripción	Nominal [mm]	Tol (+)	Tol (-)
A	Plano de cover al centro.	-18.500	0.200	0.400
B	Centro a radio de cover.	22.500	0.100	0.0265
C	Diámetro del tubo.	-45.000	0.200	0.000
D	Radio de la base al centro.	22.600	0.0235	0.100
E	Centro de la base a gasket.	18.011	0.200	0.2000
F	Gasket al plano del cover.	0.875	0.050	0.050
Media		<b>0.4845</b>		

Tabla 3A. Dimensiones de entrada para análisis de acumulación de tolerancias. Diseño actual. Componentes fuera de especificación.

	RSS [mm]	RSS [in]	Desplazamiento al final del tubo [mm]	Desplazamiento al final del tubo [in]
<b>Gap en condición máxima de material</b>	0.0968	0.004	1.104	0.043
<b>Nominal</b>	0.4845	0.019	5.525	0.218
<b>Gap en condición mínima de material</b>	0.8722	0.034	9.947	0.392

Tabla 3. Gap y desplazamiento de unidad con componentes fuera de especificación.

De esta forma, observamos que al tener componentes fuera de especificación, nuestro gap nominal aumenta por 0.098 [mm], alrededor de 0.004 [in], lo cual lleva a un aumento en el desplazamiento del tubo, siendo esto una contribución al problema detectado.

Lo relevante a destacar es que, tanto el diseño actual como el antiguo tienen un gap por diseño, ambos con el mismo comportamiento. Algo que antes no se creía. Por otro lado, llegué a la conclusión de que, a pesar de que había componentes fuera de especificaciones, estos solo eran factores contribuyentes a la condición que se presentaba en el producto, ya que no representaban el desplazamiento total de 0.5 [in]. Sin embargo, el cálculo de acumulación de tolerancias me ayudaría más adelante a definir el desplazamiento máximo permisible para liberar unidades.

Una vez que realicé el análisis anterior y detecté que el problema iba enfocado a un aumento en el gap entre el cover, la base y el brazo del producto, la medida de contención que planteé, fue orientada a agregar interferencia al ensamble para fijar completamente el tubo al ensamble. Por lo que la propuesta fue agregar un gasket en la base del producto, de tal forma que, al ensamblar, la brecha mostrada en la figura 9, desapareciera, bloqueando completamente cualquier movimiento del tubo.

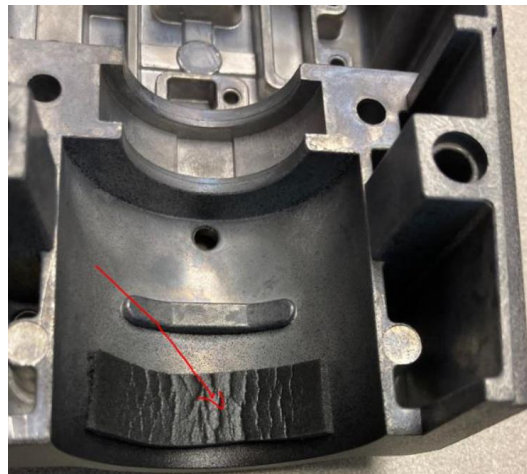


Figura 16. Gasket agregado al ensamble.

Sin embargo, se me requirió validar dicha medida de contención bajo los requerimientos descritos anteriormente, por lo que, en conjunto con el laboratorio de pruebas, establecimos pruebas para poder validar la medida de contención, así como para evaluar si el movimiento presentado en las unidades representaba algún problema para la funcionalidad del equipo. Las pruebas establecidas fueron las siguientes:

Prueba	Descripción	Resultado
Nivel de ruido operacional	La unidad debe someterse ante cierto número definido de ciclos y se medirán los decibeles, los cuales deberán de estar	Aprobado

	dentro del rango permitido.	
Límites electrónicos	Detectar y medir variables electrónicas después de cierto número de ciclos definidos.	Aprobado bajo post análisis
Resistencia al agua	Prueba de lluvia: someter al producto a una situación de lluvia utilizando un sistema de riego. Se deben evitar filtraciones de agua dentro del producto sellado.	Aprobado
Durabilidad y capacidad operacional	Comportamiento ante obstrucción: después de contactar alguna obstrucción, la puerta o portón deberá dar reversa al desplazamiento y regresar a la posición inicial completamente abierta. Esto se debe hacer bajo cierto número de ciclos y no se debe observar desgaste excesivo en el producto.	Aprobado

Tabla 4. Pruebas definidas para validación de contención y condición actual del producto.

Por parte de la prueba de límites electrónicos, realicé un post análisis para definir si la prueba tuvo un resultado positivo o negativo, ya que la prueba como tal solo arroja los valores de las variables medidas. Los resultados de esta prueba definen si la funcionalidad del producto se ve afectada, ya que, un aumento en los valores de las variables electrónicas, indicarían que la unidad requiere más energía para poder realizar la misma operación, concluyendo que la funcionalidad se ve afectada. Tras el análisis de datos que realicé, hice una comparación del producto en tres condiciones:

producto sin desplazamiento del tubo, el peor caso del producto con desplazamiento del tubo y el producto con la medida de contención implementada.

Las lecturas de las variables electrónicas se muestran en la figura 17, 18 y 19.

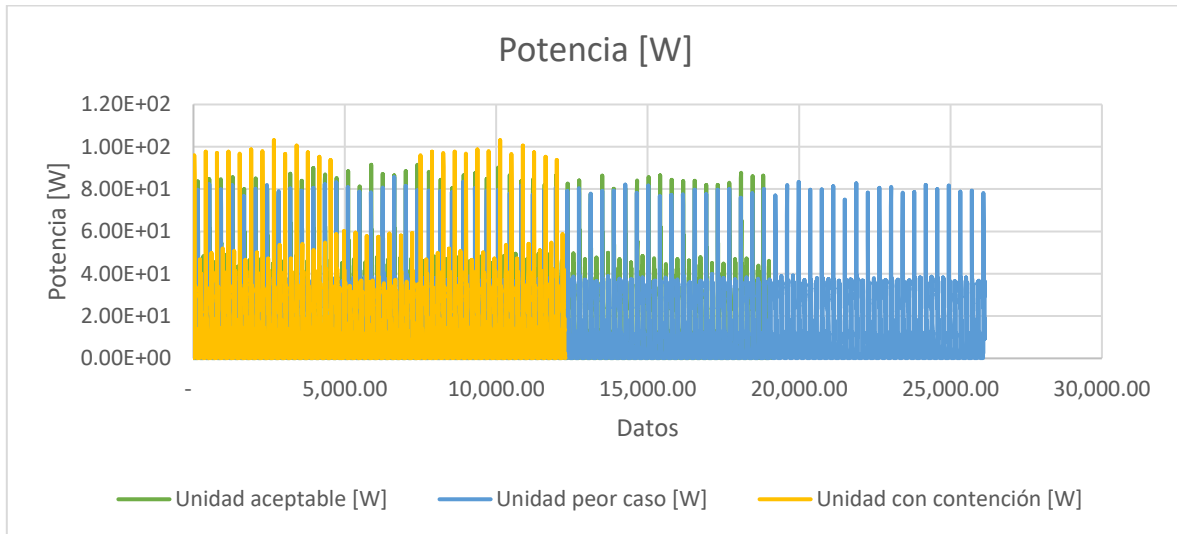


Figura 17. Comparación de valores de potencia.

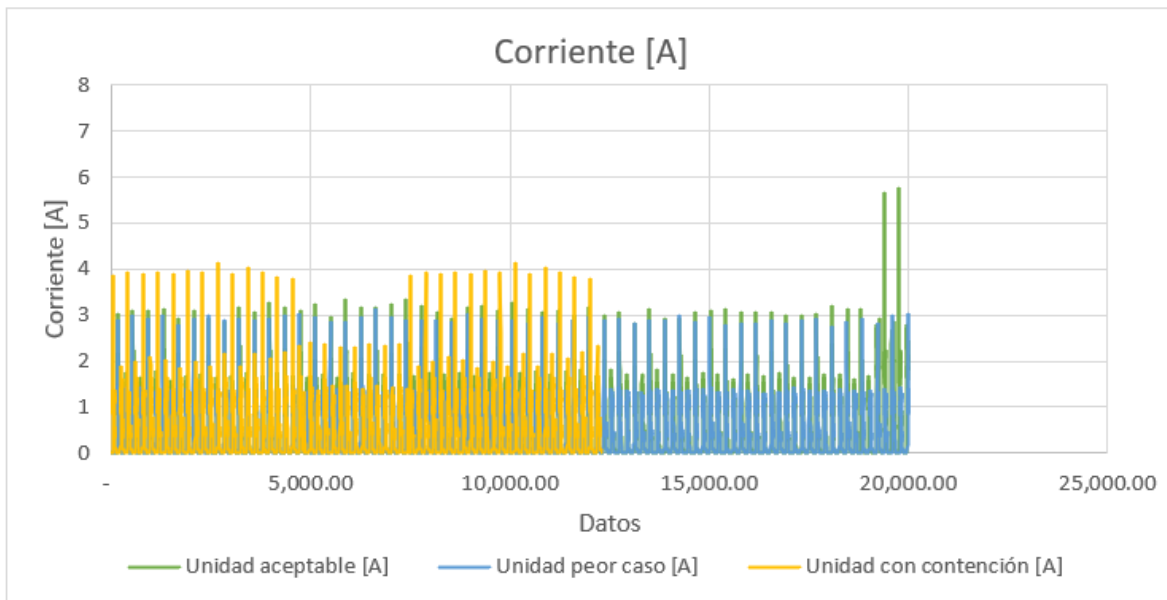


Figura 18. Comparación de valores de corriente.

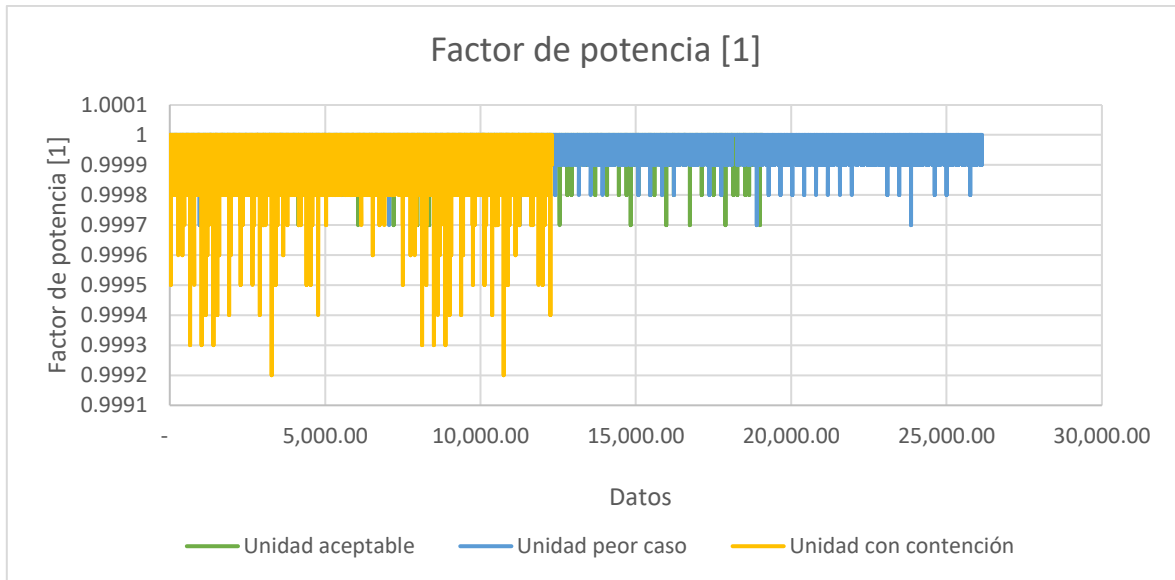


Figura 19. Comparación de valores de factor de potencia.

Tras comparar los valores de cada una de las unidades en distintas condiciones, la variación de los valores no es considerable, teniendo la mayor variación en la potencia, con 11.6 [W] por encima del valor máximo de la unidad aceptable y estando 1.713 [A] por encima del valor máximo detectado en la unidad aceptable, sin embargo, estos valores no son constantes y el comportamiento general de las unidades, trae consigo un valor promedio de 0.71 [W] y 0.035 [A] por encima de los valores de la unidad aceptable. Por otro lado, el comportamiento que tienen las variables electrónicas entre la unidad aceptable y la unidad con el peor caso es aún más similar, estando solo por encima del valor promedio de la potencia de la unidad aceptable por 0.108 [W]. Por lo que la conclusión fue que la unidad con el peor caso, así como aquella con la contención implementada, pasaron exitosamente la prueba. Estas pruebas realizadas me sirvieron para validar la medida de contención, así como para validar que la funcionalidad de los productos con la condición de desplazamiento del tubo que posiblemente hayan salido al mercado no sería comprometida. A pesar de que esta condición del ensamble final con el desplazamiento del tubo no representa ningún problema de funcionalidad para el producto, no cumple con los estándares de calidad de Grupo Chamberlain, por lo que tuve que establecer el desplazamiento máximo permisible para que los productos pudieran salir al mercado y continuar con la producción, el cual lo establecí utilizando el desplazamiento generado por la condición de dimensiones nominales del diseño actual, el cual aparece en la tabla 2B. Finalmente, el desplazamiento permisible lo definí en 0.173 [in].

Una vez definido lo anterior, continué realizando pruebas para encontrar la causa raíz. Estas pruebas fueron enfocadas a verificar que el cover (figura 3) y la base (figura 4)

ensamblaban correctamente, por lo que utilicé una muestra de 12 unidades, combinando cavidades, ya que la base y el cover tienen dos moldes distintos para su fabricación, de esta forma, abarcaría todas las variables.

Utilicé una tinta para identificar el contacto de cada uno de los puntos de sujeción entre el cover y la base, los cuales los identifiqué de la siguiente manera:

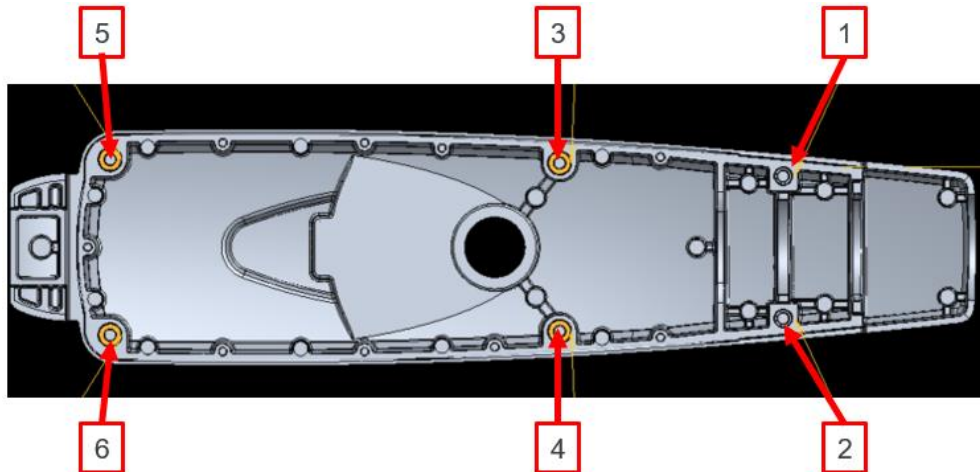


Figura 20. Identificación de puntos de sujeción del producto.



Figura 21. Cover con tinta azul en los puntos de sujeción.



Figura 22. Ejemplificación de contacto en la base del producto por tinta al cerrar la unidad.

Al ensamblar todas las unidades, los resultados fueron los siguientes:

Muestra	Combinación de cavidades		Desplazamiento del tubo hacia arriba y hacia abajo	Rotación del tubo	Marcas en la base					
					punto 1	punto 2	punto 3	punto 4	punto 5	Punto 6
1	Base1	Cover2	si	si	no	no	no	no	no	no
2	Base1	Cover2	si	si	no	no	no	no	no	no
3	Base1	Cover2	si	si	no	no	no	no	no	no
4	Base2	Cover2	si	si	no	no	no	no	no	no
5	Base2	Cover2	si	si	no	no	no	no	no	no
6	Base2	Cover2	si	si	no	no	no	no	no	no
7	Base2	Cover1	no	no	no	no	si	no	no	no
8	Base2	Cover1	si	si	no	no	no	no	no	si
9	Base2	Cover1	no	No	no	no	no	no	no	no
10	Base1	Cover1	si	si	no	no	no	no	no	no
11	Base1	Cover1	si	si	no	no	no	no	no	no
12	Base1	Cover1	si	si	no	no	no	no	no	no

Tabla 5. Resultados de prueba de tinta.

Como se puede ver en la tabla 5, en ninguno de los casos se obtuvo un contacto entre el cover y la base del producto, a diferencia de la muestra 7 y 8, sin embargo, solo dos unidades resultaron sin movimiento. Un resultado similar se obtuvo al incrementar el torque de ensamble para los tornillos. Ya que estas pruebas se realizaron con el cover, base, tubo, gasket, rodamientos internos y sujeción de estos, tuve que ir descartando variables, por lo que me enfoqué en el empaque de la unidad, conocido como gasket.

Las mismas pruebas se realizaron, pero con unidades ensambladas sin el gasket:

Muestra	Combinación de cavidades		Desplazamiento del tubo hacia arriba y hacia abajo	Rotación del tubo	Marcas en la base					
					punto 1	punto 2	punto 3	punto 4	punto 5	Punto 6
1	Base2	Cover2	no	no	si	si	si	si	si	si
2	Base1	Cover2	no	no	no	si	si	si	si	si
3	Base1	Cover2	no	no	si	no	si	si	si	si
4	Base1	Cover2	no	no	si	si	si	si	si	si
5	Base2	Cover2	no	no	si	no	si	si	si	si
6	Base2	Cover2	no	no	si	no	si	si	si	si



7	Base1	Cover1	si	si	si	si	si	si	si	si
8	Base2	Cover1	no	no	si	si	si	si	si	si
9	Base2	Cover1	no	no	no	no	si	si	si	si
10	Base1	Cover1	si	si	si	si	si	si	si	si
11	Base2	Cover1	no	no	no	si	si	si	si	si
12	Base1	Cover1	no	no	si	si	si	si	si	si

Tabla 6. Resultados de prueba de tinta sin gasket/empaque.

Los resultados de esta prueba me ayudaron a aislar el problema al gasket. Este era el componente que estaba causando la condición presentada en los productos, por lo que el proceso fue ahora enfocarme en este componente y verificar que las propiedades del material sean las que la empresa está solicitando, al igual que empezar a validar un nuevo material en dado caso que el que nos estuviera llegando fuera el correcto. El resto del proceso para implementar una solución ante este problema presentado, así como para definir completamente la causa raíz, se presentará en la sección de resultados de este trabajo.

## *2.2 Proyecto de productividad sobre transferencia de moldes para fabricación en casa.*

Aparte de brindar soporte a la línea de producción, dentro del departamento de sustaining también nos encargamos de crear y proponer ideas o alternativas para generar ahorros para la compañía, los cuales resultan en proyectos de productividad. Estos proyectos pueden ser liderados por distintas áreas, como lo son manufactura, mercadotecnia, abastecimiento (sourcing en inglés) y sustaining. En este caso, participé en un proyecto liderado por manufactura, cuyo contexto radica en transferir los moldes de una caja controladora, para empezar a fabricarla en casa, mediante inyección de plásticos, por lo que, como actividades principales tuve que actualizar listas de materiales (BOM por sus siglas en inglés), números de parte y especialmente, asegurarme que nuestros planos estuvieran propiamente realizados, por lo que tuve que actualizarlos mediante revisión de dimensiones y tolerancias para evitar cualquier choque de tolerancias y evitar generar problemas en el ensamble final del producto.

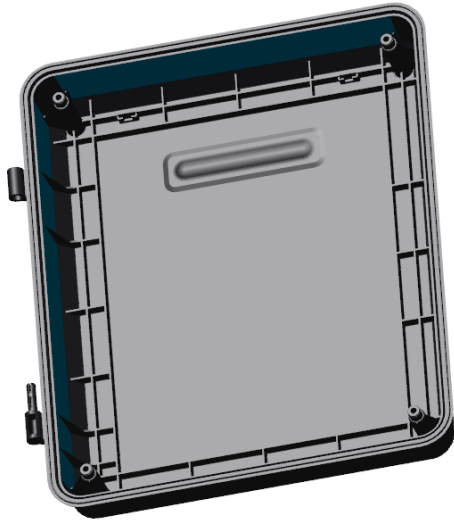


Figura 23. Tapa de la caja controladora.

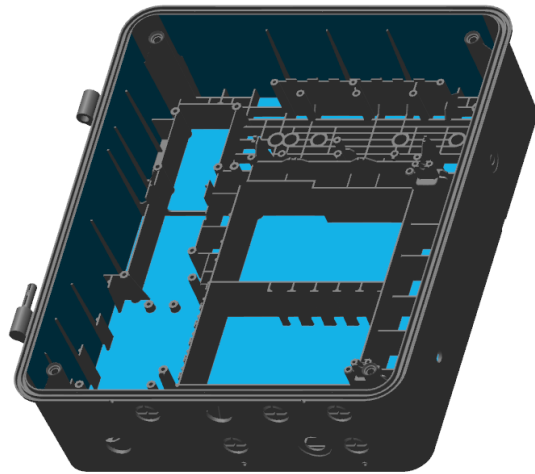


Figura 24. Base de la caja controladora.



Figura 25. Caja controladora ensamblada y cerrada.

A pesar de que los planos que se tenían de las piezas eran funcionales para proveedor, una de mis actividades principales fue hacer revisión de los dibujos, verificar si estaban completamente restringidos y/o definidos, identificar patrones y aplicar las tolerancias geométricas y dimensionales necesarias.

### *2.2.1 Revisión de dibujos*

Como se mencionó anteriormente, además de revisar que no hubiera dimensiones repetidas, así como dimensiones faltantes, identifique 4 patrones en la base del producto, los cuales se pueden observar en la figura 26. Estas zonas ensamblaban con diferentes PCB's y brackets, por lo que, para tener un ensamble correcto, tenían que

estar adecuadamente restringidas y como se encontraba el plano, no se tenía ningún tipo de tolerancia geométrica, lo que puede ocasionar que, a pesar de que se cumplan las tolerancias lineales, los patrones se encuentren desfasados y el ensamble final no sea el deseado, por lo que tuve que asignar tolerancias a dichos patrones, las cuales fueron tolerancias de posición. De esta forma, complementadas con las tolerancias dimensionales, se tiene un resultado más eficiente.

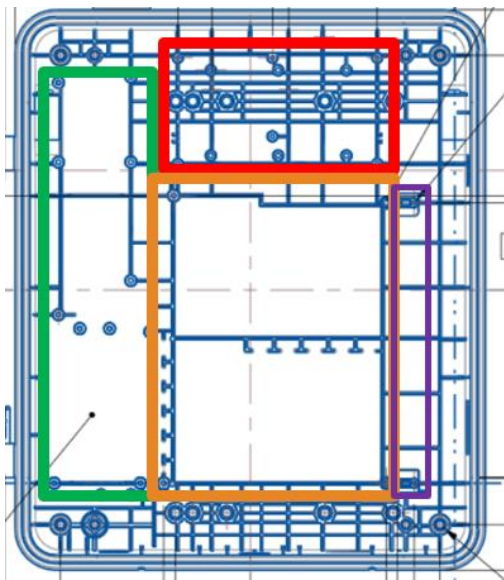


Figura 26. Patrones identificados de base de la caja.

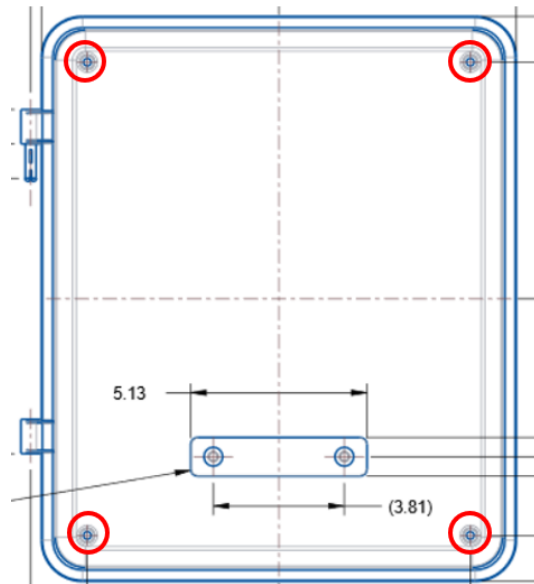


Figura 27. Patrón de tapa de la caja.

Por otro lado, para la tapa de la caja controladora, se hizo un arreglo nuevo de los planos de referencia para que se tuviera una mejor comprensión del dibujo, así como se me solicitó agregar tolerancias geométricas y dimensionales faltantes y evaluar ciertas dimensiones de la bisagra que entraban en conflicto, ya que esta parte se encontraba sobredimensionada.

Para realizar todos estos cambios en los dibujos, realicé de nuevo un análisis de acumulación de tolerancias entre los puntos de apoyo de cada patrón y las piezas ensambladas en dichos puntos.

### 2.2.2 *Corto de material.*

Otro de los puntos relevantes de este proyecto, es que se vio afectado por un tema de corto de material. Dentro de cada uno de los postes de la base, que sirven para ensamblar y cerrar completamente la caja (postes señalados en la figura 27), va un inserto de rosca, el cual, nos permite trabajar con cuerdas para ensamblar componentes, ya que estamos trabajando con piezas de plásticos y nos evita utilizar

tornillos busca rosca, ya que, para abrir y cerrar la caja, se tienen que desmontar tornillos de cada poste. Si se implementan tornillos busca rosca, esta rosca puede resultar dañada.

El departamento de abastecimiento me brindo alternativas, las cuales tuve que comparar mediante un análisis de deficiencias (gap análisis en inglés), para evaluar si la alternativa propuesta era funcional para nosotros. En este caso, se comparó el material, dimensiones críticas y el torque para desensamblar el inserto de la pieza moldeada.

Para esto, se obtuvieron muestras para poder realizar la validación correspondiente, ya que, se decidió que, si esta alternativa era viable, podíamos ahora incluir dos alternativas de dos proveedores distintos y evitar otro posible corto de material en el futuro.

Básicamente, el proceso que seguí desde la identificación del problema hasta la aprobación del componente fue el siguiente:

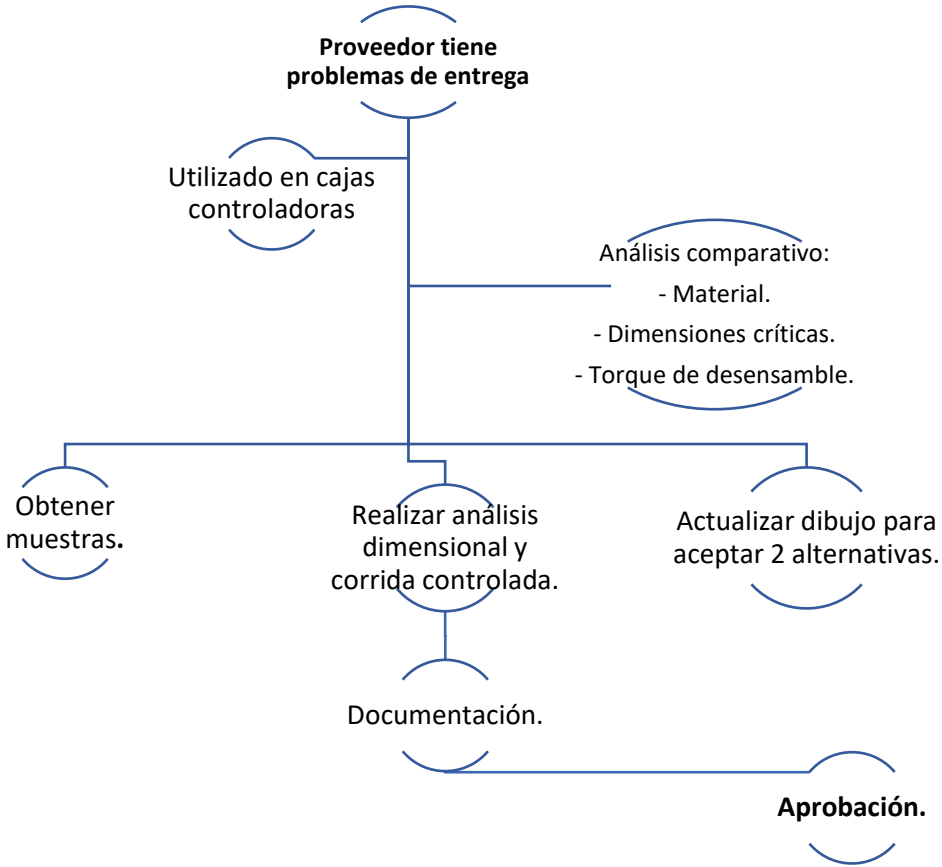


Figura 28. Diagrama de flujo sobre aprobación de insertos.

Para el análisis de deficiencias o gap analysis solo se tomaron las dimensiones críticas y el material.

Dimensiones	Actual	Propuesto
Cuerda	10-24	10-24
Diámetro P [in]	.248	.247/.251
Longitud [in]	.415	.413/.423
Diámetro externo [in]	.313	.312
Material	latón	Latón

Tabla 7. Análisis comparativo entre inserto propuesto y actual.

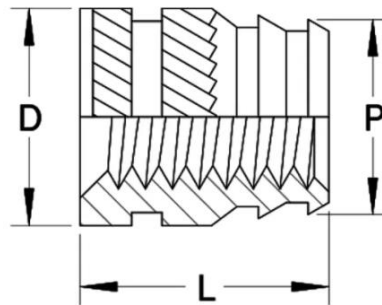


Figura 29. Imagen demostrativa sobre dimensiones del inserto.

Es importante mencionar que, para poder ensamblar en inserto a la base de la caja, ésta se derrite mediante un proceso de ultrasonido y se adecúa al inserto, por lo que las variaciones dimensionales en los diámetros exteriores no afectan el resultado del producto. Por otro lado, también verifique, con ayuda del centro de metrología, si el torque de antirrotación cumplía con el inserto propuesto, el cual pasó la prueba, por lo que, por mi parte, aprobé la alternativa para que siguiera el proceso y quedará aprobado como alternativa permanente.

### 2.2.3 Proceso de validación.

Por último, de mis últimas actividades en este proyecto, es la validación de las nuevas partes una vez fabricadas en la planta. Como parte de este último punto, tuve que desarrollar un análisis modal de fallos y efectos en diseños (DFMEA por sus siglas en inglés), para poder someter las piezas a las pruebas necesarias. El DFMEA nos sirve para identificar y evaluar fallas potenciales, en este caso, del producto. Este proceso identifica los efectos y resultados de dichas fallas y su objetivo es mitigar las fallas y proveer documentación.

Debido a que el proveedor del material es el mismo, al igual que el material, el análisis de falla va enfocado a los resultados del proceso en planta. Como ejemplo del DFMEA, establecí lo siguiente:

<b>Elemento de diseño o requerimientos funcionales de proceso.</b>	<b>Modo de falla potencial.</b>	<b>Efectos potenciales de falla.</b>	<b>Causas potenciales.</b>	<b>Control de procesos o diseño.</b>	<b>Acciones recomendadas.</b>
<b>Elemento estructural</b>	Proceso de moldeo no es capaz de mantener los requisitos dimensionales.	Ensamble deficiente de componentes internos, que podrían desensamblarse por vibraciones.	Control ineficiente del proceso de moldeo.	1. Revisión de diseño/Pruebas en laboratorio. 2. Procesos de manufactura y corrida controlada.	1. Realizar un plan de validación. 2. Prueba de transportación.
		Sellado ineficiente de tapa y base por problemas dimensionales.	1. Control ineficiente del proceso de moldeo. 2. Condiciones extremas de clima.	Revisión de diseño/Pruebas en laboratorio.	1. Realizar un plan de validación. 2. Prueba de lluvia.

Tabla 7. DFMEA de caja controladora fabricada en la planta de Nogales.

En resumen, los posibles modos de falla los relacioné con problemas relacionados con el ensamble final de componentes y como éstos se ven afectados, por lo que enfoqué el análisis a asegurarme que durante la transportación no se desensamblará algo o que haya filtración de agua debido a un mal cierre.

Cabe mencionar que una vez en el campo, este producto se monta a un muro fijo y no aplican cargas sobre él o vibraciones, por eso consideré solo la prueba de transportación.

### 2.3 Proyecto de productividad de outsourcing de componentes.

Como se describió en el proyecto anterior sobre transferir moldes a la planta de Nogales, en este caso es lo contrario, donde fabricamos los componentes de una categoría de productos de acceso perimetral y el objetivo es que un proveedor los fabrique por nosotros, de esta forma, logramos tener ahorros. Este proyecto se encontraba liderado por el área de abastecimiento o sourcing. Cabe mencionar que, en este proyecto yo participé como apoyo y no en todo el proceso completo. Mi actividad principal fue brindar soporte en la validación, ya que se había establecido una prueba de durabilidad para asegurarnos que no hubiera ningún tipo de falla o desgaste en los componentes tras operar el producto un cierto número de ciclos definidos, sin embargo, esta prueba generalmente toma alrededor de 6 meses, por lo que era importante disminuir la cantidad de tiempo. Para esto, se propuso realizar la prueba dentro de una cámara de temperatura, de esta forma, podríamos tener un número de ciclos menor, complementado con el deterioro de los componentes por condiciones de alta temperatura. El desafío era crear un prototipo que pudiera caber en la cámara de temperatura y operar sin problema, esta fue la actividad que yo tuve que desarrollar.

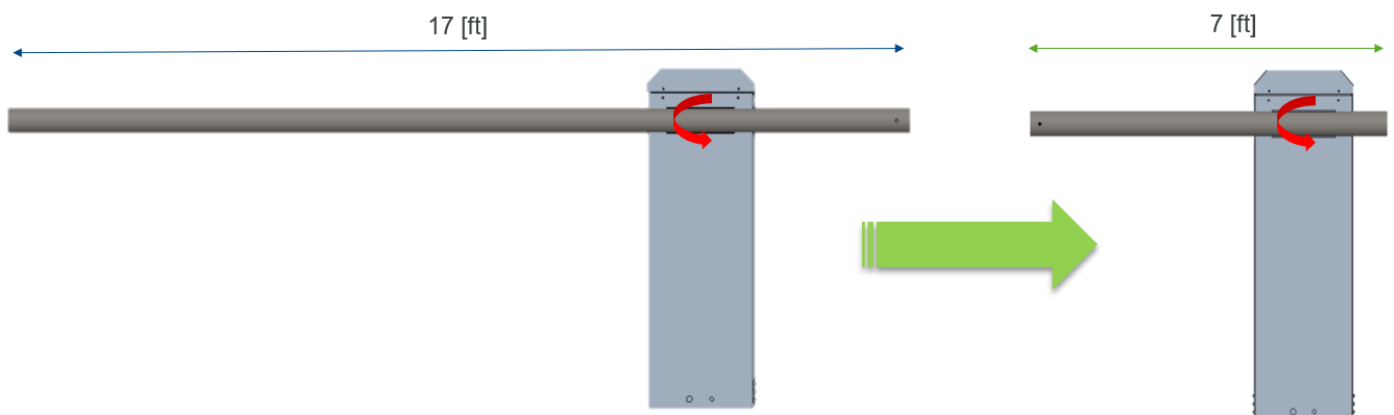


Figura 30. Producto actual a prototipo.

Como contexto, este producto tiene un brazo de 17 [ft] de largo y la cámara de temperatura permitía como máximo, un tubo de 7 [ft] de largo. El propósito era generar un prototipo que fuera capaz de replicar el momento resultante que sufría la unidad original.

Para poder desarrollar esto, tuve que realizar un diagrama de cuerpo libre para obtener datos del producto actual que afectaban el momento resultante. Entre estos datos se encontraban dimensiones, pesos, materiales y contrapesos agregados. De esta forma, obtuve el diagrama de cuerpo libre y algunos resultados:

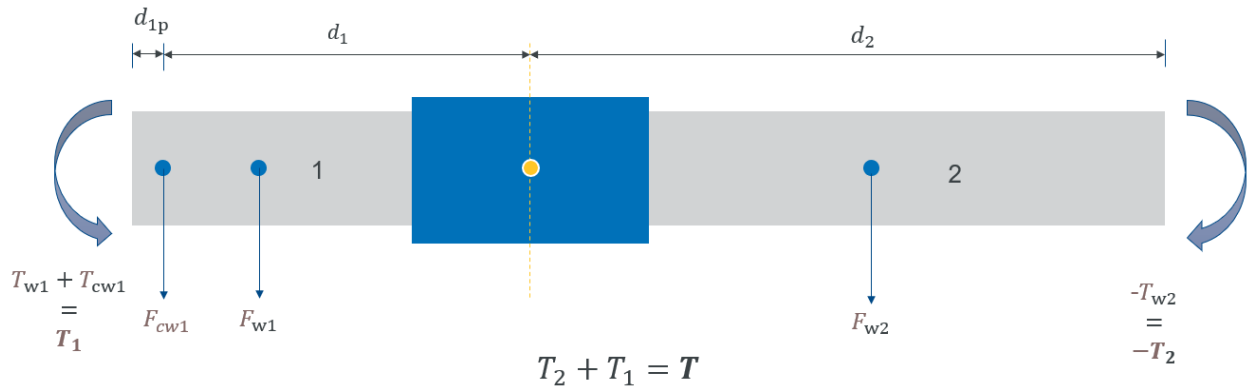


Figura 31. Diagrama de cuerpo libre de tubo usado actualmente.

Donde:

$F_w$ : fuerza debido a su propio peso.

$F_{cw}$ : fuerza debido al contrapeso.

$d_p$ : distancia del punto de anclaje de contrapeso a borde del tubo.

El círculo amarillo es el pivote de giro del brazo.

Datos:

Datos	
$A [in^2]$	0.60
$\rho [\frac{lb_m}{in^3}]$	0.0975
$M1 [lb_f]$	1.63
$M2 [lb_f]$	10.30
Masa total $[lb_f]$	11.93

Tabla 8. Datos de tubo actual.

Distancia	[ft]	[in]
$d_1$	2.177	26.125
$d_{1p}$	0.146	1.750
$d_2$	14.677	176.125
<b>Distancia total</b>		
<b>L</b>	<b>17</b>	<b>204</b>

Tabla 9. Longitudes de tubo actual.



Con esto, pude obtener los momentos producidos por su propio peso y los contrapesos, en cada una de las secciones:

Momentos producido por el peso del componente y contrapeso	
$T_{w1} [lb_f * in]$	22.718
$T_{cw1} [lb_f * in]$	347.463
$T_{w2} [lb_f * in]$	-907.043

Tabla 10. Momentos generados por el tubo actual y contrapeso.

Resultando en lo siguiente:

Results	
$T_1 [lb_f * in]$	370.181
$T_2 [lb_f * in]$	-907.043
<b><math>T [lb_f * in]</math></b>	<b>-536.862</b>

Tabla 11. Momento resultante del tubo en la unidad original.

Una vez obtenida la información y el momento resultante actuante en la unidad, el objetivo es crear el prototipo con un tubo de no más de 7 [ft] de longitud, con un error de no más del 5% con respecto al momento resultante de la unidad, de acuerdo con lo que me fue solicitado.

Para obtener este resultado, realicé una serie de iteraciones, donde el objetivo no solo fue reproducir el mismo momento resultante, sino utilizar también la menor cantidad de componentes extras, ya que eso supone más costo para la compañía. El resultado dependía específicamente de la posición del contrapeso o contrapesos, así como de la longitud del tubo. Después de diferentes iteraciones, encontré aquella que utilizaba solo un contrapeso y un tubo por debajo del límite establecido de 7 [ft]. Decidí situar el contrapeso de 13.3 [lb] al extremo del tubo de la sección 2, de tal forma que se pudiera compensar el momento generado por el peso del tubo y contrapeso, con la disminución de la longitud.

Finalmente, el arreglo resultó de la siguiente manera:

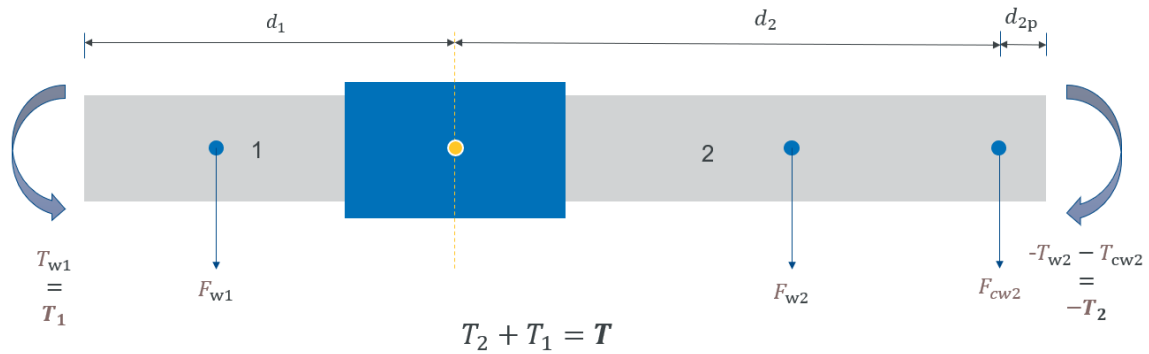


Figura 32. Diagrama de cuerpo libre de prototipo propuesto.

Donde:

$F_w$ : fuerza debido a su propio peso.

$F_{cw}$ : fuerza debido al contrapeso.

$d_p$ : distancia del punto de anclaje de contrapeso a borde del tubo.

Los datos de la propuesta fueron los siguientes:

Datos	
$A$ [ $in^2$ ]	0.60
$\rho$ [ $\frac{lb_m}{in^3}$ ]	0.0975
$M1$ [ $lb_m$ ]	0.702
$M2$ [ $lb_m$ ]	2.293
Masa total [ $lb_m$ ]	2.99

Tabla 12. Datos de prototipo propuesto.

Distancia	[ft]	[in]
$d_1$	1	12
$d_2$	3.15	37.8
$d_{2p}$	0.116	1.4
<b>Distancia total</b>	<b>4.27</b>	<b>51.2</b>
<b>L</b>		

Tabla 13. Longitudes de prototipo de tubo propuesto.

En cuanto a las fuerzas y momentos obtenidos, se encontró lo siguiente:

Fuerza local producida por el peso del componente	
$F_{w1}[lb_f]$	0.702
$F_{w2}[lb_f]$	2.293

Tabla 14. Fuerzas producidas por el tubo propuesto.

Momento producido por el peso del tubo y contrapeso	
$T_{w1}[lb_f * in]$	4.212
$T_{w2}[lb_f * in]$	-44.947
$T_{cw2}[lb_f * in]$	-502.74

Tabla 15. Momentos producidos por el tubo y contrapeso propuestos.

Finalmente, tenemos que:

Results	
$T_1[lb_f * in]$	4.212
$T_2[lb_f * in]$	-547.687
<b><math>T[lb_f * in]</math></b>	<b>-543.475</b>
<b>Error [%]</b>	<b>1.232</b>

Tabla 16. Momento resultante en prototipo.

De esta forma, logré obtener un momento resultante de  $-543.457[lb_f * in]$  con un error del 1.232 % con un tubo de longitud de 4.27 [ft] y 1 contrapeso de 13.3  $[lb_f]$ . Tras someter mis cálculos a revisión, fueron aprobados y empezó la construcción del prototipo.

### 2.3.1 Actualización de dibujos por corrida controlada.

Como parte complementaria de este proyecto, también brinde soporte en la actualización de dibujos de dos partes del chasis, ya que, proveedor nos envió una muestra de partes para realizar una corrida controlada de producción y verificar que no hubiera ningún problema de ensamble en componentes y proceder con la validación con las dimensiones del tubo prototipo que yo desarrollé. No obstante, durante la corrida, se presentaron problemas con el ensamble de tornillos y la alineación de un tablero de electrónica con respecto a una leva.

Tras revisar que todas las dimensiones cumplieran con nuestro dibujo, resultó que las piezas de proveedor cumplían con nuestras especificaciones, pero las piezas fabricadas en la planta seguían otras dimensiones, debido a que fabricación movió las dimensiones sin dar aviso al departamento de ingeniería. Para el caso de la alineación de la leva con el tablero de electrónica, tuve que realizar iteraciones de la posición del tablero y la leva, con respecto a los puntos de sujeción del chasis.

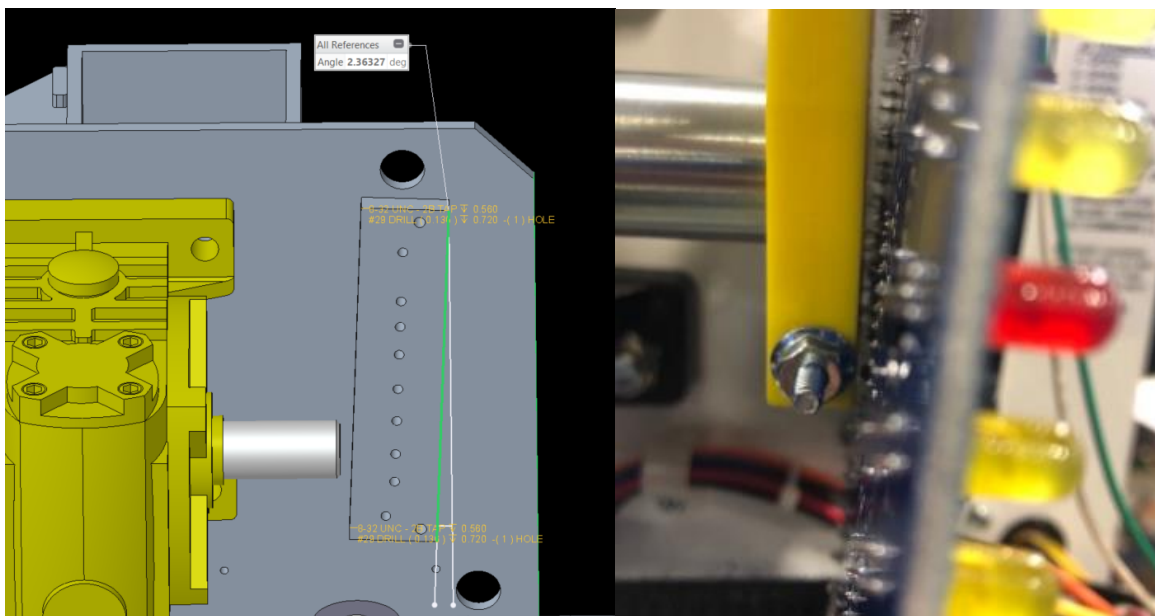


Figura 33. Inclínación del disipador de calor y choque con leva.

Del ensamble de los modelos sólidos, identifique el problema, ya que se tenía una inclinación de  $2.36 [^\circ]$  y eso ocasionaba que el tablero chocara con la leva.

Tras comparar nuestro dibujo con el de las hojas de fabricación, decidí modificar uno de los puntos de sujeción del tablero, de esta forma, esto alinearía el tablero y evitaría problemas de interferencia entre componentes

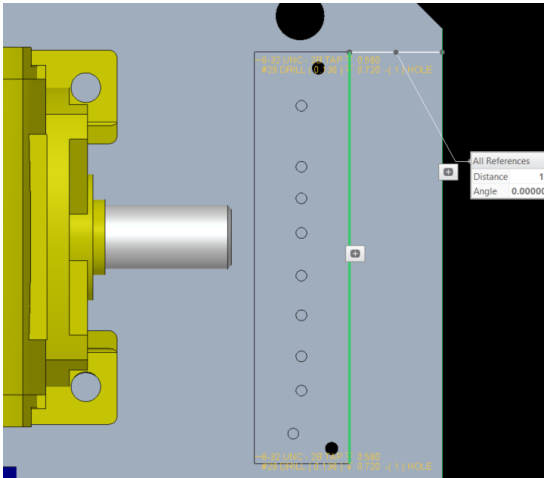


Figura 34. Alineación de disipador de calor.

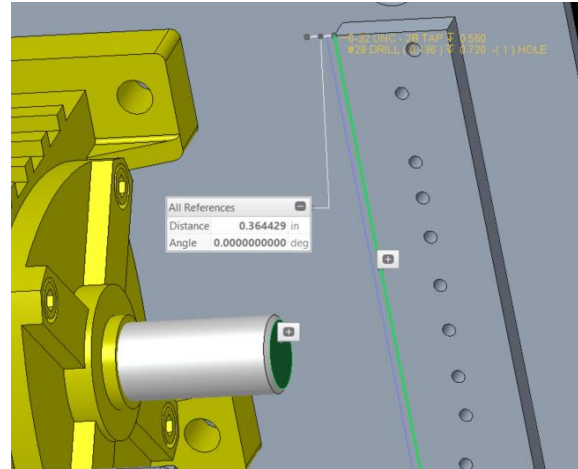


Figura 35. Distancia entre cara del eje y disipador de calor.

Tras desplazar 0.248 [in] horizontalmente el punto inferior de sujeción del disipador de calor donde el tablero se ensambla, la cara transversal del eje de la transmisión, que es donde se ensambla la leva, queda paralela a las caras laterales del disipador de calor, lo que indica que se tendrá 0 [°] de inclinación y un espacio estimado entre el tablero y la leva de 0.27 [in].

Por otro lado, para el caso de los tornillos, solo se decidió ajustar el diámetro de los barrenos a lo que se tenía en las hojas de fabricación, ya que esto no representaba un gran problema.

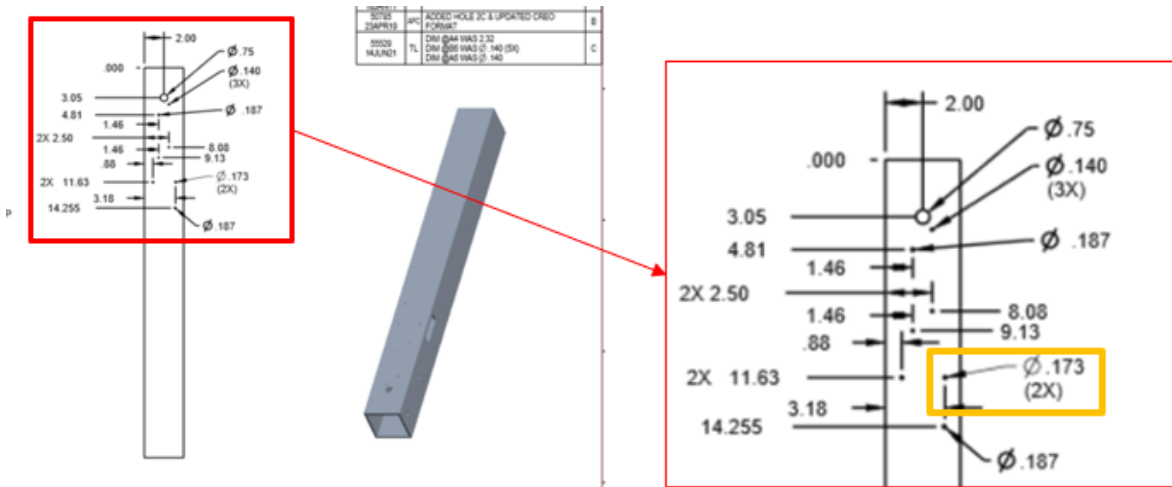


Figura 36. Diámetro de barrenos para tornillo en el poste del chasis actualizado.

### 3. Metodología.

La metodología aplicada para desarrollar las actividades en las que participé se puede englobar en una combinación de dos: la metodología de causa y efecto desarrollada por Kaoru Ishikawa y un proceso de diseño y desarrollo de productos por Karl T. Ulrich.

El primero de ellos, representa varios temas, en este caso causas, de un sistema que pueden contribuir a un problema, que es el efecto. Este consiste en un diagrama que, gracias a su naturaleza gráfica, permite organizar grandes cantidades de información sobre un problema y determinar las posibles causas de éste [8]. A continuación, se presenta un ejemplo de la relación de las posibles causas sobre el problema en el ensamble final del producto, descrito en el punto 2.1.

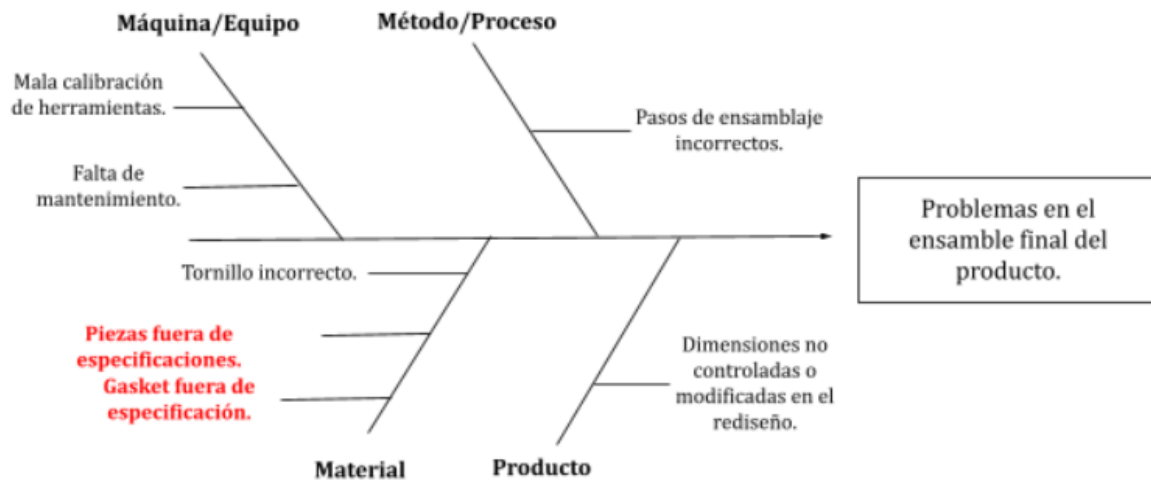


Figura 37. Diagrama de causa y efecto para problema de ensamble final en un producto.

De esta forma, logramos:

1. Identificar el problema.
2. Definir las categorías de factores causales.
3. Generar lluvia de ideas sobre todas las posibles causas del problema relacionadas a cada categoría.
4. Seleccionar las posibles causas raíz y establecer cuál es la causa más probable, la cual tiene que ser corroborada a través de datos [8].

Todo lo anterior para identificar problemas, sus causas y resolverlos eficientemente, mediante un pensamiento crítico y sistematizado.

En este caso, asocié esta metodología al tema del problema en el ensamble final del producto, ya que para acercarnos a cualquier posible causa raíz, debemos identificar los factores contribuyentes y a partir de ellos, considerar todo tipo de posibles causantes del problema hasta enfocarnos en uno, tal y como lo muestra la metodología de causa y efecto, donde se seleccionaron dos causas como las más probables, las cuales se encuentran resaltadas en el diagrama de la figura 32, y es tal, que nos enfocamos en ellas para comenzar a resolver el problema. Esta metodología es más frecuente utilizarla en problemas relacionados durante la producción, ya que debemos identificar todas las posibles causas de un problema para poder brindar una solución.

Por otro lado, ya que realizamos proyectos de productividad que usualmente van relacionados con cambios en el diseño, además de que hay situaciones en línea de producción que dan apertura a seguir un proceso de diseño formal, como el que describe Karl T. Ulrich, donde se puede llevar de inicio a fin o utilizar partes de él para la solución de problemas y brindar mejores alternativas.

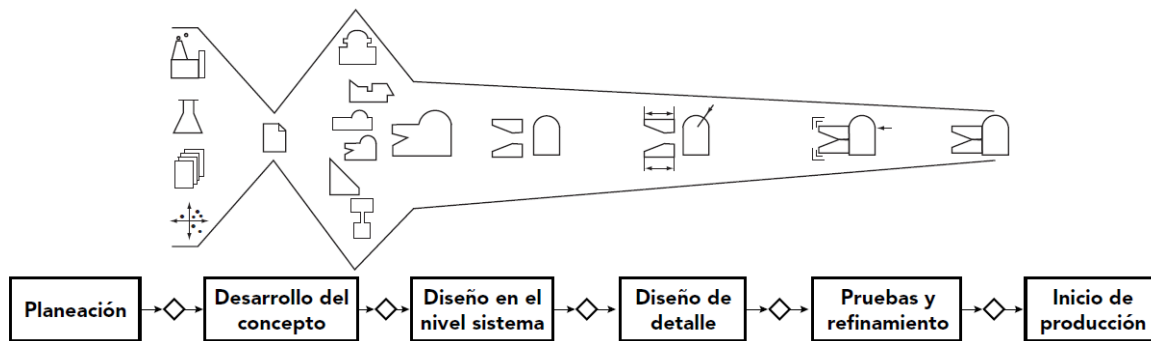


Figura 38. Proceso genérico de desarrollo de un producto [9].

**0. Planeación:** en esta fase se identifican las oportunidades, las cuales son guiadas por la estrategia corporativa y se consideran avances tecnológicos y objetivos de mercadotecnia [9].

**1. Desarrollo del concepto:** se identifican necesidades del mercado objetivo. Se generan y evalúan conceptos alternativos del producto, y uno o más conceptos se seleccionan para el desarrollo y pruebas funcionales. Ya que un concepto es la descripción de la forma, función y características de un producto, esto va acompañado por un conjunto de especificaciones [9].

Por ejemplo, en esta etapa se definieron las especificaciones para desarrollar la medida de contención para seguir produciendo a pesar del problema presentado en el ensamble final del producto, que, si recordamos, son los siguientes:

- Estar dentro del rango de decibeles de sonido y vibración.

- Estar dentro de los límites de desplazamiento de extensión y retracción del brazo del producto.
- Evitar filtración de agua dentro de la parte sellada del producto.
- Estar dentro de los límites de consumo energético.

Al igual que se generaron dos conceptos para someterlos a pruebas de ensamblaje antes de continuar con la validación de dichas medidas.



Figura 39. Concepto 1.

Este fue uno de los conceptos propuestos, con un gasket distinto y dimensiones distintas, el cual se había decidió poner en el cover del producto. Sin embargo, el proveedor nos entregaba dicho gasket ya precortado en dimensiones distintas, por lo que el proceso de ensamblaje se entorpecía y tomaba más tiempo. Además, una vez ensamblado, era fácil que el gasket se saliera de su lugar por la poca área de contacto, por lo que se decidió generar otro concepto que fuera más accesible y fácil de aplicar, el cual fue el concepto 2.

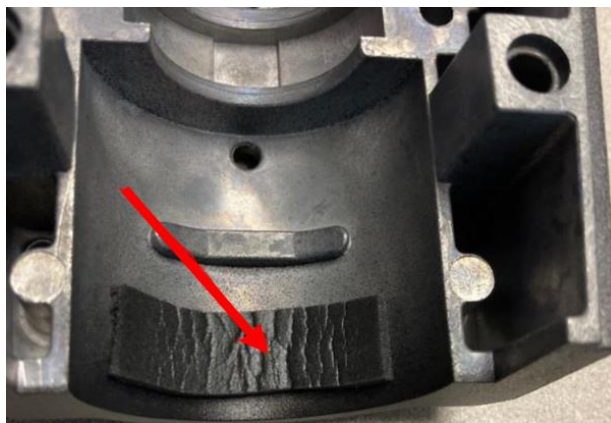


Figura 40. Concepto 2.



El concepto 2 previamente presentado fue el concepto sometido al resto de pruebas que se describen en la tabla 4. Este concepto agilizaba el proceso de ensamblaje, era más fácil de aplicar y las piezas que proveedor nos entregaba se ajustaban inmediatamente para la contención, por lo que, no solo había que considerar el resultado final del producto, sino también lo que conlleva llegar hasta el resultado final, que es el proceso de producción.

**2. Diseño a nivel sistema:** define la arquitectura del producto. Los planes iniciales para el sistema de producción y el esquema de ensamble final para el sistema de producción se suelen definir durante esta fase. Esto comprende un diseño geométrico del producto, una especificación funcional para cada uno de los subsistemas del producto y un diagrama de flujo preliminar del proceso para el ensamble final [9]. Tal es el ejemplo del paso añadido del gasket al proceso de producción del ensamble del producto con los problemas.

**3. Diseño de detalle:** esto incluye la especificación completa de la geometría, materiales y tolerancias de todas las partes únicas del producto y la identificación de todas las partes estándar a ser adquiridas de proveedores. Es importante mencionar que se deben aclarar la selección de materiales, el costo de producción y el desempeño robusto del producto [9].

En el diseño de detalle se incluyen dibujos actualizados, materiales tales como el definir la resina para las cajas controladoras presentadas en el punto 2.2, donde se hicieron los análisis dimensionales necesarios para poder corregir y mejorar los dibujos con el fin de tener un mejor control sobre el producto final. Además de esto, el proceso de obtener los moldes y transferirlos a la planta de Grupo Chamberlain en Nogales y documentar cada parte del proceso, desde creación de números de parte nuevos, alta de materiales, pruebas para la validación del resultado final y componentes establecidos de proveedores, como la alternativa evaluada y validada del inserto que se menciona en el punto 2.2.2.

A este punto del proceso, ya se tiene una previa validación de ahorro por parte del líder del proyecto que justifica la asignación de recursos para un mayor ahorro anual.

**4. Pruebas y refinamiento:** esta fase comprende la construcción y evaluación de versiones múltiples de preproducción del producto. En esta etapa se generan los primeros prototipos, pero no necesariamente fabricados con el proceso real a usarse en producción. Los siguientes prototipos son evaluados exhaustivamente en forma interna y también en general son probados por clientes en su propio ambiente de uso [9].

En esta sección se establecen las pruebas con base en los resultados finales, sin embargo, el prototipado es fundamental para asegurarnos de la confiabilidad del resultado final de nuestro producto. Tal es el ejemplo de la generación de un prototipo para realizar una prueba de durabilidad dentro de la cámara de temperatura, donde sometemos a operación lo que serían las piezas finales del producto.



Figura 41. Prototipo manufacturado para pruebas en cámara de temperatura.

Por otro lado, tenemos corridas controladas que permiten una simulación del proceso de ensamblaje, donde se pueden realizar ajustes al proceso para llegar al mejor resultado final y en caso necesario, modificar el proceso de producción o corregir partes del diseño, como lo expuesto en el punto 2.3.1 sobre la actualización de dibujos para evitar problemas por choque de dimensiones.

También, el realizar la corrida controlada sobre el proceso de moldeo sobre el proyecto de transferencia de moldes, de tal forma que se ajusten las partes del proceso necesarias para poder replicar los resultados esperados en el producto final.

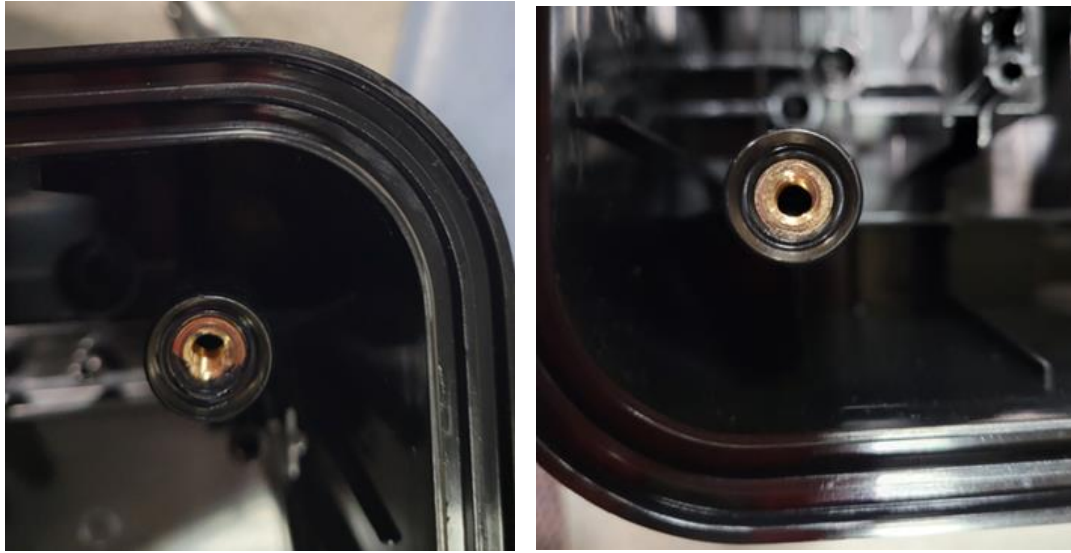


Figura 42. a) Herramental mal calibrado. b) Herramental calibrado.

En la figura 42a, se modifica herramental o su calibración para poder obtener los resultados deseados y hacer correcciones en el futuro proceso de producción cuando todo quede aprobado. En la figura 42a vemos la presencia de plástico derretido en la superficie de los insertos debido a trabajar con una mayor profundidad al momento de insertar los componentes mediante el proceso de moldeo por ultrasonido, mientras que en la figura 36b observamos un mejor resultado debido a modificaciones en proceso.

**5. Inicio de producción:** el producto se hace usando el sistema de producción pretendido. El propósito es capacitar al personal y resolver cualquier problema en los procesos de producción que no hayan sido identificados anteriormente. Estos son cuidadosamente evaluados para identificar cualquier falla. Posteriormente se hacen revisiones que incluyen una evaluación del proyecto desde las perspectivas tanto comercial como técnica, cuya finalidad es identificar formas de mejora para el proceso de desarrollo para proyectos futuros [9].

Por el momento, de los 3 proyectos descritos anteriormente, solo se encuentra en producción el producto mostrado en la figura 1. Los demás productos expuestos aún se encuentran en proceso de pruebas y refinamiento.

Aunque hay casos en los que se sigue el proceso de desarrollo de productos de manera completa como explica esta metodología por Karl T. Ulrich, no siempre sucede de manera exacta, sino gradual o intermitentemente, dependiendo el proyecto, si es el desarrollo de un producto nuevo por completo, si es rediseñar para mejorar, para generar ahorros o para resolver problemas.

## 4. Resultados.

### 4.1 Problemas en ensamble final del producto.

Retomando lo anteriormente descrito, las pruebas de contacto entre el cover y la base del producto me llevaron a aislar el problema a solo el gasket, ya que, la condición final del producto mejoraba cuando este componente no formaba parte del ensamble. Estos resultados me llevaron a analizar las propiedades del material y como éstas afectaban, las propiedades a las que me enfoqué fueron al compression set, el cual es una propiedad importante para los elastómeros, ya que dicta el residuo de deformación o la deformación permanente del material después de retirar la carga, por lo que, si esta propiedad tenía un valor bajo, significaba que la deformación permanente del material era baja, afectando el ensamble del producto. Por otro lado, la dureza también jugaba un papel importante, ya que, junto al compression set, esto beneficiaría la facilidad de ensamble y cierre por completo de la unidad. Una dureza muy alta, complicaría que el material fuera deformado o perforado en su superficie, por lo que el cierre completo de la unidad sería más difícil, mientras que una dureza muy baja dañaría al gasket.

Tras realizar unas muestras con material disponible en la planta, encontré que la dureza de los gaskets estaba alrededor de los 85 y 88 shore A, a diferencia de la dureza 60 shore A que especificamos. A pesar de que el proveedor nos envió unas muestras especiales para medir la dureza, proveedor realizó muestras como nosotros y obtuvo los mismos resultados, indicando que hay una falta de control de calidad del material por parte del proveedor o que no es posible que cumplan con los requerimientos de diseño actuales por parte de Grupo Chamberlain.

A continuación, se presenta un resumen de resultados sobre medidas de dureza tomadas de muestras del gasket:

Propiedad	Empilon 755 (Actual)	Empilon 545 (Alternativa)
Dureza <1 s. shore A	67	54

Tabla 17. Datos técnicos de dureza del material del gasket.

Muestra	Hardness chips (muestras especiales)	Dureza shore 60A	%Error	Dureza shore 50A	%Error
1	81	88	31.34	60	11.11
2	82	87	29.85	63	16.67
3	83	90	34.33	62	14.81
4	-	-	-	62	14.81

Tabla 18. Comparación de resultados de lecturas de dureza en diferentes materiales.



Figura 43. Muestra realizada con material de producción.

Los errores porcentuales se encuentran referidos de acuerdo con la hoja técnica del material dada por el proveedor, donde la dureza se encuentra en la tabla 17.

Cabe mencionar que las muestras realizadas fueron con capas de secciones de gasket, ya que no contábamos con el espesor suficiente para hacer una prueba confiable, por lo que fue necesario apilar capas hasta cumplir con las dimensiones dadas por la norma ASTM D2240, la cual menciona que la muestra debe tener un espesor de al menos 6 [mm]. Es importante mencionar que debido a que son capas de material, se espera un cierto error en dureza de 10 unidades de acuerdo con el shore A, debido a que las capas se deslizan y hay aire entre ellas.

Por otro lado, se realizaron muestras con un gasket con dureza 50 shore A, cuyos resultados eliminaron la condición presentada en el producto, por lo que está en proceso su validación como material alternativo.

Muestra	Combinación de cavidades		Desplazamiento del tubo hacia arriba y hacia abajo	Rotación del tubo	Marcas en la base					
					punto 1	punto 2	punto 3	punto 4	punto 5	Punto 6
1	Base2	Cover2	no	no	si	si	si	si	si	si
2	Base2	Cover1	no	no	si	si	no	si	si	si
3	Base1	Cover2	no	no	si	si	no	si	si	si
4	Base2	Cover1	no	no	si	si	si	no	no	si
5	Base1	Cover2	no	si	si	si	no	si	si	si
6	Base2	Cover2	no	no	si	no	no	si	si	si
7	Base2	Cover2	no	no	si	si	no	no	si	si
8	Base2	Cover1	no	no	si	no	no	no	si	si

Tabla 18. Resultados de pruebas de ensamble con material alternativo.

#### 4.2 Proyecto de transferencia de moldes.

Por parte de este proyecto, los dibujos fueron evaluados por manufactura y se realizaron las modificaciones necesarias con el objetivo de que fuera más fácil de comprender y reproducir en la vida real. Dicho proyecto aún no ha culminado y se encuentra en evaluación el proceso de validación para desarrollar un plan de pruebas formal. Esto consume más tiempo debido a que es un producto cuyos componentes se encuentran regulados por la certificación de Underwriters Laboratories (UL), la cual prueba y certifica la seguridad y confiabilidad del producto. Lo anterior significa que se han realizado ensayos en muestras representativas del producto y se ha determinado que éste cumple con las normativas vigentes u otros requisitos aplicables con respecto a su potencial riesgo de incendio, descarga eléctrica y peligros mecánicos [10]. Por lo que se deben considerar las pruebas marcadas por la UL dentro del plan de pruebas.

Además de esto, se debe realizar un proceso de aprobación del producto interno mediante corridas controladas sobre el proceso de moldeo, además de verificaciones dimensionales de los productos ahora moldeados en la planta de Nogales. Dichos procesos se someterán a aprobación del departamento de sustaining y del ingeniero a cargo.

### *4.3 Proyecto de productividad de outsourcing de componentes.*

Este proyecto aún no ha culminado, sin embargo, la validación del prototipo realizado ya concluyó. En total se hicieron un total de 4 muestras prototipo para ser sometidas a una prueba de durabilidad dentro de la cámara de temperatura. La tarea final de esta prueba es inspeccionar cualquier posible daño o deterioro que haya sufrido la unidad. En este caso, no se reportaron problemas con el prototipo durante la realización de las pruebas y no se detectó ningún deterioro de las unidades, ni fallas en los tubos propuestos, por lo que se acreditó la prueba. Como último paso de validación, queda pendiente la corrida controlada con las partes del chasis actualizadas.

## *5. Conclusiones.*

El avance de cada uno de los proyectos presentados permitió generar ahorros considerables para la empresa, así como el mejoramiento de productos al identificar problemas actuales, sus causas y alternativas de solución. Para el primer proyecto descrito, logré identificar el problema, aislarlo y empezar con soluciones, ya que el proveedor no era capaz de replicar nuestro diseño con las especificaciones establecidas, cuando anteriormente no se tenía ninguna complicación. Como ingeniero, actualmente me encuentro evaluando y validando proveedores alternos, así como distintos materiales. Sin embargo, debido a que la contención establecida fue exitosa y validada, esto no afecta a la producción hasta la implementación de una alternativa permanente. Por otro lado, el resto de los proyectos descritos anteriormente lograrán generar, entre ambos, alrededor de 600,000 dólares anuales en ahorros una vez que se encuentren 100% implementados, aunque es necesaria una nueva validación de ahorros anterior a su implementación. Cabe mencionar que los análisis financieros preliminares de estos proyectos fueron realizados por los líderes de cada proyecto, ya que solo fui soporte ingenieril en ellos, por lo que esta información no se tiene disponible. Como contexto, estos ahorros se obtienen estimando los cambios en un año de productos finales producidos y vendidos a partir de la fecha de implementación del proyecto, absorbiendo los costos de inversión en nuevos herramientas, costos de labor, pruebas, rutas de trabajo, entre otros.

Dichos proyectos fueron presentados a los directivos de la compañía, con el objetivo de demostrar los resultados de todas las actividades que desarrollé los primeros 6 meses en Grupo Chamberlain y obtener retroalimentación por parte de ellos.

El proceso y los resultados obtenidos muestran el desarrollo como ingeniero que tuve dentro de la empresa. Grupo Chamberlain permite el crecimiento y desarrollo profesional de jóvenes recién graduados, la participación que tuve dentro del departamento de sustaining conllevaba resolver problemas ligados directamente al proceso de desarrollo de nuevos productos, así como el soporte de diseño y producción a lo largo del ciclo de vida del producto, logrando desarrollarme dentro de la industria como ingeniero mecánico, donde se unen los conocimientos teóricos con lo prácticos, teniendo la oportunidad de trabajar y colaborar con ingenieros de México y de otras partes del mundo, como Estados Unidos e Italia, por mencionar algunos, extendiendo nuestro trabajo como ingenieros y poniendo a prueba y en desarrollo otro tipo de competencias, como pensamiento crítico, analítico, toma de decisiones, resolución de problemas, liderazgo y trabajo en equipo, cumpliendo con el objetivo de una primera inserción a la industria como nuevo ingeniero.



De manera general, este trabajo engloba los beneficios, desarrollo y aprendizaje para la empresa y para mí como ingeniero recién egresado. Se presentó un avance significativo en cada una de las actividades realizadas, se lograron identificar y brindar soluciones a los problemas presentados durante el proceso de desarrollo de los proyectos, como lo fueron cortos de materiales, problemas en productos finales y la generación de planes de validación, así como brindar soporte de diseño para desarrollar proyectos que generen ahorros para la empresa, cumpliendo con los objetivos del departamento de sustaining, con las actividades de un ingeniero y los objetivos del presente trabajo sobre mi experiencia profesional.

## 6. Referencias.

- [1] UNAM, Oferta Académica. Ingeniería Mecánica. (s.f.) [Online]. Disponible en: <http://oferta.unam.mx/ingenieria-mecanica.html>
- [2] Downs, J. (8 de febrero de 2021). The History of Garage Door Openers. [Online]. Disponible en: <https://www.lakewoodgaragedoor.biz/blog/the-history-of-garage-door-openers>
- [3] From the pages of history: The Chamberlain Group, Inc. (2003). [Online]. Disponible en: <https://www.dasma.com/wp-content/uploads/pdfs/PagesOfHistory/Chambri-Spr2003.pdf>
- [4] Chamberlain Group. (s.f.). [Online]. Disponible en: <https://chamberlaingroup.com/about-us/>
- [5] Pierce, L. (1 de marzo de 2021). Sustaining Engineering: The Key to improving Products and Processes. [Online]. Disponible en: <https://www.onlogic.com/company/io-hub/sustaining-engineering-the-key-to-improving-products-and-processes/>
- [6] Fischer, B. (2011). Mechanical Tolerance Stack Up and Analysis. CRC Press. 2da Edición. Estados Unidos de América. pp 49.
- [7] Tolerance Stack Up. (s.f.). Sigmetrix. [Online]. Disponible en: <https://www.sigmetrix.com/tolerance-stack-up/>
- [8] Herramientas para el análisis cuantitativo y cualitativo, aplicables a sistemas de gestión de calidad. (s.f.). Diagrama de causa y efecto. [Online]. Disponible en: [http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/herramientas\\_calidad/causaefecto.htm#:~:text=Un%20diagrama%20de%20Causa%20y,Profesor%20Kaoru%20Ishikawa%20en%20Tokio.&text=El%20Diagrama%20de%20Causa%20y,causas%20de%20un%20problema%20espec%C3%ADfico](http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/herramientas_calidad/causaefecto.htm#:~:text=Un%20diagrama%20de%20Causa%20y,Profesor%20Kaoru%20Ishikawa%20en%20Tokio.&text=El%20Diagrama%20de%20Causa%20y,causas%20de%20un%20problema%20espec%C3%ADfico)
- [9] Ulrich, K. T., Eppinger, S. D., (2013). Diseño y desarrollo de productos. McGraw-Hill. 5ta edición, México. pp 12-23.